Knapp

Techn.
120 lb

LEHRBUCH

DER

CHEMISCHEN TECHNOLOGIE,

ZUM

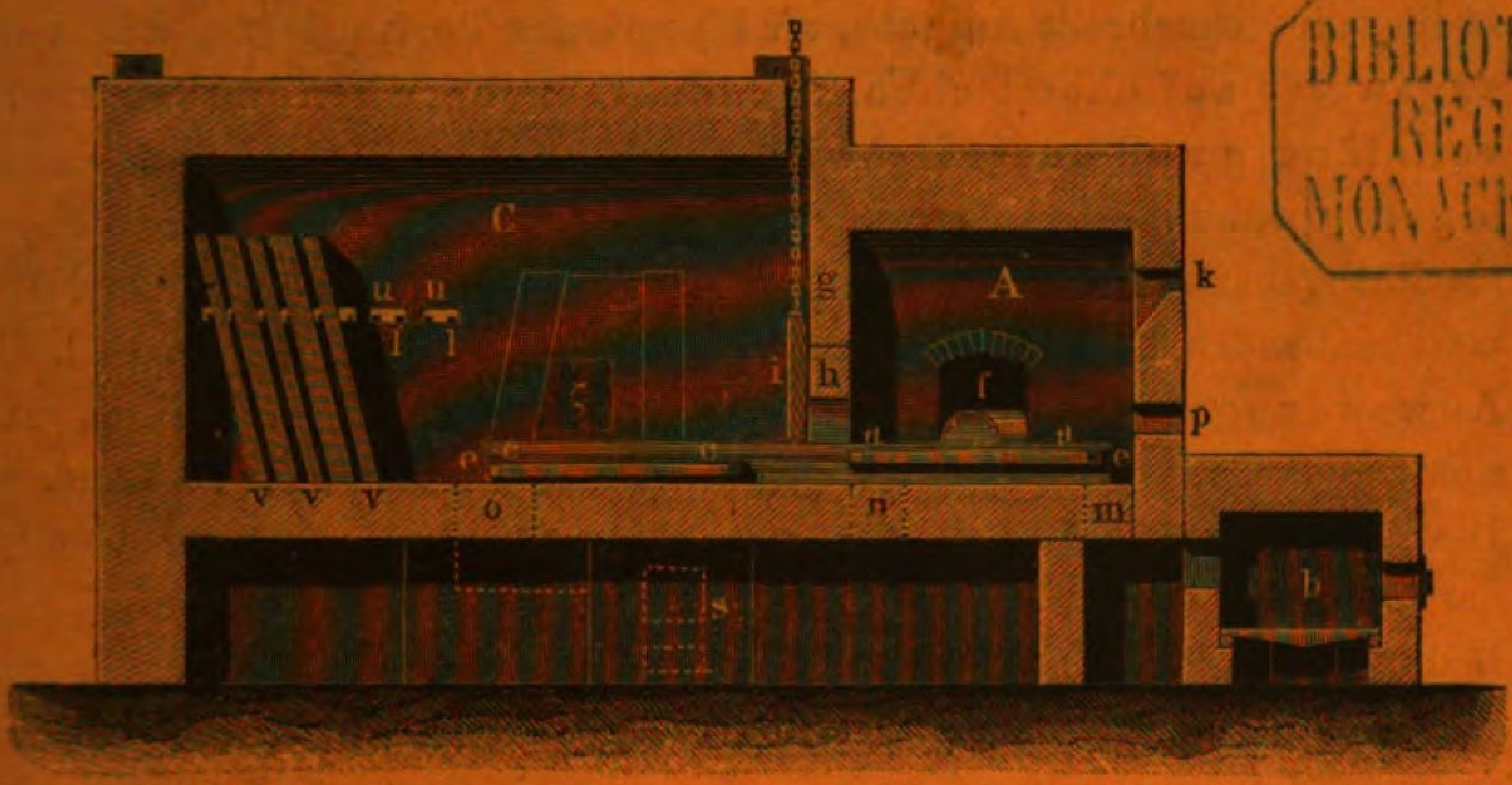
UNTERRICHT UND SELBSTSTUDIUM

VON

DR. FRIEDRICH KNAPP,

Professor der angewandten Chemie am Polytechnicum zu Braunschweig.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS



DRITTE

UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

IN DREI BÄNDEN.

ZWEITER BAND.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

ERSTE ABTHEILUNG.

ERSTE LIEFERUNG.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.

ANKÜNDIGUNG.

Der von unserer Zeit vollständig gewürdigte unermessliche Einfluss der Chemie auf die gesammte Gewerbsthätigkeit ist so durchgreifend, dass das Bedürfniss nach entsprechenden, rationell behandelten Lehrbüchern fortwährend ein sehr dringendes ist. Das vorliegende Werk ist kein Lehrbuch der Chemie im Allgemeinen, mit specieller Bezugnahme auf die Technologie, also keine technische Chemie; es stellt sich vielmehr die Aufgabe, als **chemische Technologie,** die vorzugsweise auf chemischen Grundsätzen beruhenden Gewerbe vollständig und unter Entwickelung der theoretischen Grundlagen, darzustellen, so dass es dem gebildeten Gewerbtreibenden als Rathgeber dienen, dem studirenden Chemiker, Pharmaceuten, Gewerbtreibenden, Agronomen und Cameralisten aber die Belege, d. i. die Anwendung der Chemie auf die Technik, für ihre Studien, und somit eine Ergänzung jedes Lehrbuches der Chemie bieten könne. — Die Aufnahme, welcher sich die erste Auflage erfreute, hat zur Genüge dargethan, dass Plan, Auffassung und Behandlung dem vorhandenen Bedürfniss entsprach. Eine grosse Zahl vortrefflich ausgeführter und sehr detaillirter Holzstiche erleichtern das Verständniss ungemein und ersetzen die kostbarsten Kupferwerke. Durch den möglichst wohlfeilen Preis, bei der zweckmässigsten Ausstattung, hat der Verleger die Verbreitung nach Kräften erleichtert.

Das Werk wird in der neuen Auflage in drei Bänden erscheinen, von denen jeder Band in zwei Abtheilungen ausgegeben werden wird.

Die zweite Lieferung der ersten Abtheilung des zweiten Bandes befindet sich unter der Presse.

Braunschweig, Juli 1871.

Friedrich Vieweg und Sohn.

LEHRBUCH

DER

CHEMISCHEN TECHNOLOGIE,

ZUM

UNTERRICHT UND SELBSTSTUDIUM.

Holzstiche
aus dem xylographischen Atelier
von Friedrich Vieweg und Sohn
in Braunschweig.

Papier
aus der mechanischen Papier-Fabrik
der Gebrüder Vieweg zu Wendhausen
bei Braunschweig.

LEHRBUCH

DER

CHEMISCHEN TECHNOLOGIE,

ZUM

UNTERRICHT UND SELBSTSTUDIUM

BIBLIOTHECA
REGIA
MONACENSIS

VON

DR. FRIEDRICH KNAPP,

Professor der angewandten Chemie am Polytechnicum zu Braunschweig.

DRITTE

UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

IN DREI BÄNDEN.

ZWEITER BAND.

ERSTE ABTHEILUNG.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

BRAUNSCHWEIG,

DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.

1871.

Die Herausgabe einer Uebersetzung in französischer und englischer Sprache,
sowie in anderen modernen Sprachen wird vorbehalten.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Fünfte Gruppe.

Glas und Glashüttenwesen.

Geschichte.

Der Ursprung der Glasmacherkunst ist völlig dunkel. Nach den ältesten aber zugleich sehr unzweideutigen Urkunden — nemlich monumentalen Bildwerken in Egypten, Glasbläser mit der Pfeife vorstellend — hat diese Kunst bereits 2000 Jahr vor Christo, und zwar auf einer ziemlich entwickelten Stufe daselbst bestanden. Nach den Schriftstellern des classischen Alterthums (unter denen Plinius auch Indien als ausgezeichnet in der Glasmacherkunst erwähnt) ist Egypten lange Zeit der Hauptsitz dieses Industriezweigs gewesen; unter den Städten dieses Landes genossen in älterer Zeit Theben, in späterer Zeit Alexandrien grossen Ruf in dem Fach, auch hat man dort reiche Ueberreste von Glaswaaren aller Art vorgefunden. Das egyptische Glas, damals so ziemlich wie heute aus Sand, Kalk (Muschelschalen) und aus der natürlichen Soda (vergl. Bd. I, 2. Abthl.; pag. 379) als alkalisches Flussmittel geschmolzen, ging als Handelsartikel über See nach den abendländischen Staaten des Mittelländischen Meeres. Aeltere.

Mit der Wanderung der Produkte begann allmählich die Wanderung der Glasmacherkunst selbst. Die Phönicier, als erste seehandelnde Nation geraume Zeit die Hauptvermittler der Ausfuhr der Glaswaaren aus Egypten, waren die ersten, die die Kunst in ihr Heimathland verpflanzten, wo die Städte Tyrus und Sidon nun ihrerseits ebenso berühmte Sitze der Glasmacherkunst wurden, wie vordem die egyptischen Mutterstädte. Als Rohmaterial bediente man sich immer noch des egyptischen Nitrum und des in der Nähe von Sidon, an den Ufern des Flusses Belus *), vorkommenden Sandes, welcher letztere wegen seiner Eigenschaft zum Glasschmelzen ungemein hochgeschätzt wurde.

*) Mit dem Bezug dieser Rohstoffe durch die Phönicier hängt offenbar die bekannte von C. Plinius Secundus überlieferte Anekdote über die angeblich zufällige Erfindung des Glases zusammen, die ohne alle innere Wahrscheinlichkeit, mit der Natur der Sache durchaus in Widerspruch steht.

Aeltere Geschichte.

Von den Phöniciern verbreitete sich die Glasmacherkunst nach dem Abendland und zwar nach Italien *). Dort war in den Zeiten der verschwenderischen Prachtliebe unter den Kaisern Rom ein Hauptmarkt für den Absatz der Glaswaaren; in Folge davon gewann die Fabrikation selbst Eingang in die Hauptstadt und gelangte auch hier so zu Entwicklung und Umfang, dass unter Anderen Alexander Severus (210 v. Chr.) sich genöthigt sah, die Glashütten aus gesundheitspolizeilichen Gründen nach einer gelegenern Stelle des Mons Coelius zu verweisen.

Nach den vorhandenen Proben antiker Gläser, sowie nach den übrigens dürftigen Zeugnissen der alten Schriftsteller (namentlich des Plinius hist. natur. Liv. XXXVI, cap. 65 und 66) steht fest: dass man im Alterthume ausser den bereits genannten Ingredienzien auch Bergkrystall, Kupferverbindungen und andere Stoffe verwendete, deren Natur sich nicht mehr errathen lässt (Ophirium, Alabandicus); dass der Gebrauch des Braunsteins bereits eingeführt war; dass man die Ingredienzien zu fritten **) und zu schmelzen, das Produkt mittelst der noch heute üblichen Kunstgriffe, Blasen, Formen und Schleifen ***), zu Hohlglas zu verarbeiten und dieses mit grosser Kunstfertigkeit auch durch Farben (mittelst Kupfer, Kobalt, Eisen z. B.) zu verzieren verstand. Nicht minder hatte man es in der Herstellung von Glasflüssen zur Nachahmung von Edelsteinen in verschiedenen Farben und als farbige Masse zu Mosaikverzierung (Hämatinon) sehr weit gebracht. —

Was die antike Glasmacherei von der modernen unterschied, war zumeist der Umstand, dass sie vorwiegend dem Luxus, untergeordnet nur dem täglichen Bedürfniss, in keiner Weise der Beobachtungswissenschaft diente. Die Herstellung von Tafelglas †) und Spiegelglas war bei den Alten noch nicht Gegenstand der Fabrikation; ebenso gelang die von ganz farblosem Glase oder des Krystallglases nach dem heutigen Begriff, nur ihrer besonderen Anstrengung, wie die übermässige Werthschätzung und Seltenheit aufgefundener Proben desselben beweist ††).

Von Rom verbreitete sich das Glasmachen, nach Plinius Angabe, nach Spanien und Gallien, aber wie es scheint, ohne dort vorerst festen Fuss zu fassen. Rom blieb der Hauptsitz, bis die Kunst, wahrscheinlich

*) Die Griechen, bei denen das Glas nicht vor dem fünften Jahrhundert (bei Aristophanes) erwähnt wird, scheinen sich nicht mit diesem Gewerbszweig befasst zu haben.

**) Was Plinius als „Ammonitrum" (wörtlich Sand-Soda) bezeichnet, ist nach den dabei mitgetheilten Angaben unzweifelhaft als Fritte zu verstehen.

***) Plinius a. a. Ort: „aliud flatu figuratur, aliud torno teritur, aliud argenti modo caelatur."

†) Einzelne Bruchstücke von Tafelglas hat man in Pompeji ausgegraben, doch war diese Gattung weder Gegenstand besonderer Produktion noch des allgemeinen Verbrauchs.

††) Plinius a. a. Ort: „Maximum honos in candido translucentibus, quam proxime crystalli similitudine."

flüchtend vor den einbrechenden Barbaren, und zwar mit ihrer ganzen Tradition nach Venedig überging. Ein neuer und bedeutender Aufschwung, der bald alles verdunkelte was der Orient und Rom vorher geleistet hatten, machte die Lagunenstadt, weithin im Mittelalter als Metropole und Hochschule der Glasmacherkunst berühmt, zur Mutter der westeuropäischen Glasfabrikation. Verschiedene neue Gattungen wurden dort erfunden und namentlich das Fach der höheren Kunsttechnik gepflegt mit bis heute unerreichbaren Leistungen, deren Blüthezeit etwa in das 13. Jahrhundert fällt. Das tiefe und von schwerer Strafe behütete Geheimniss, womit sich die venetianischen Fabriken umgaben, sicherte auf lange Zeit ein Monopol. Erst gegen das 16. Jahrhundert drang das Geheimniss durch; Glashütten entstanden anderwärts, am frühesten in Böhmen, dann in England, am spätesten im Norden. In diese Zeit der Erweiterung des Glashüttenwesens von einer italienischen zu einer europäischen Industrie fällt die erste Sammlung der hauptsächlichsten in Italien und Holland gewonnenen Erfahrungen der Glasbereitung in dem Schriftwerk des Florentiners A. Neri im Anfang des 16. Jahrhunderts. Eine unter dem Titel „de arte vitriaria" von Merret später herausgegebene Uebertragung dieses Werkes ins Englische mit Zusätzen, ist die im Jahre 1679 auch deutsch und mit vielen weiteren Erfahrungen vermehrt herausgekommene „ars vitriaria experimentalis" von Kunkel. Mit dem Scheiden des Mittelalters und dem Beginn der neuern Zeit, mit der Ausbreitung der Glasmacherei in das nordwestliche Europa entfernte sich diese mehr und mehr von ihren alten Traditionen, sie wurde aus einem Gegenstande der Virtuosität mehr zu einem handwerksmässig entwickelten Betriebe. Die hohen künstlerischen Leistungen waren grossentheils in Vergessenheit gerathen, der ökonomische Gesichtspunkt, der Fortschritt in rein technischer und kaufmännischer Beziehung traten in den Vordergrund. Neue praktisch nützliche Zweige (Tafelglas, Spiegelglas) treten in breiter Ausführung auf; das Princip der Arbeitstheilung macht sich geltend, man hat nun eigne Hütten für Hohlglas, Tafelglas, Krystallglas u. s. w.

Aeltere Geschichte.

Neuere Geschichte.

Die ausgedehnten Waldungen der westeuropäischen Länder boten der Glasindustrie einen Ueberfluss von einem in hohem Grade geeigneten, billigen, ja an vielen Gegenden werthlosen Brennstoff. In der That sind die Glashütten des Böhmerwaldes und anderer deutscher Mittelgebirge ursprünglich nur Anlagen um die Holzvorräthe und ihre Asche einigermassen zu verwerthen. Mit der Abnahme der Wälder und dem Steigen der Holzpreise beginnt (zuerst in England, auch in Westphalen schon im 16. Jahrhundert) die Einführung der Steinkohle. Ihr folgen in der neuern Zeit der Torf, Oefen mit Gasfeuerung, auch reinere und billigere Glasmaterialien, zuerst der Leblanc'schen Soda, später des Glaubersalzes. Mit dem 19. Jahrhundert erwacht das Streben nach künstlerischer Ausbildung der Glasmacherkunst von Neuem, man studirt die Methoden, die Behandlung und die Formen der Alten, werthvolle antike (Hämatinon) und venetianische Produktionen (Millefiori, Filigran etc.) werden wiedererfunden, die

Mittel zur Decoration, Farben, Schleifen, Aetzen des Glases nach allen Seiten vermehrt.

Begriff.

Im Sinne der alten Glasmacher ist das Glas eigentlich nur eine Nachahmung des Bergkrystalls mittelst Quarz, eine Verarbeitung desselben in beliebige Formen durch Verflüssigung im Feuer. Nun widersteht der Quarz dem strengsten Hüttenfeuer *), aber man fand, dass er durch

Flussmittel.

gewisse Zusätze, sogenannte „Flussmittel“, zum Schmelzen und damit in einen Zustand gebracht werden kann, in welchem er sich formen und verarbeiten lässt. Diese Flussmittel sind nach der heutigen Chemie als starke Basen bekannte Metalloxyde; der Quarz ist in allen seinen in der Natur vorkommenden Formen (Krystall, gewöhnlicher Quarz, Sand) im wesentlichen Kieselerde. Beide Arten von Körpern vermögen sich im Schmelzen chemisch zu verbinden.

Zum Begriff des Glases ist ferner unerlässlich ein gewisser und zwar ziemlich beträchtlicher Widerstand gegen zersetzende Agentien, eine gewisse Beständigkeit gegen Atmosphärilien, Wasser, saure und alkalische Flüssigkeiten. Die Grundbedingung dieser Beständigkeit ist diese, dass das Glas zweierlei basische Metalloxyde enthält, von denen das eine ein Alkali, das andere eine Erde oder ein Schwermetalloxyd sein muss.

Amorphismus.

Sonach wäre das Glas seinem chemischen Begriff nach im Allgemeinen das Produkt einer Verbindung von Kieselerde mit Basen (Alkali, Erde oder Oxyd eines Schwermetalls) auf feurig-flüssigem Wege. Der Begriff des Glases ist aber nichts weniger als ein bloss chemischer; es giebt eine Menge von Verbindungen der Kieselerde mit Basen, auch durch Schmelzen erzeugter, die darum noch lange nicht Glas sind. Mindestens eben so wichtig wie die chemische, ist die physikalische Natur des Glases. Vor Allem gehört dahin, dass das Glas ein wesentlich amorpher Körper ist; mit dem Uebergang aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand hört der Begriff des Glases vollkommen auf. Von dem Amorphismus hängt diejenige Eigenschaft ab, welche gerade die für das praktische Leben wichtigsten Gattungen zu einem werthvollen Culturmittel stempelt, die Durchsichtigkeit; ferner die Eigenschaft, vor dem eigentlichen Schmelzen zu einer zähen, dickflüssigen Masse zu erweichen, die Hauptgrundlage zum Formen des Glases.

Grundbegriff.

Fasst man die verschiedenen bestimmenden Momente zusammen, so ist das Glas seinem Begriff nach eine durch Schmelzen erzeugte Masse, im Wesentlichen bestehend aus Verbindungen der Kieselerde mit mindestens zweierlei Basen in amorphem Zustande. Im Uebrigen sind bestimmte Grenzlinien nicht zu ziehen. Für die meisten Gläser ist die Durchsichtig-

*) Nur vor dem Knallgasgebläse in kleinen Stückchen gelingt es, den Bergkrystall zu schmelzen. Gaudin stellte auf diese Weise Linsen zu Mikroskopen dar.

keit, für andere eine bloss durchscheinende Beschaffenheit, für noch andere die Undurchsichtigkeit das, worauf ihr Gebrauchswerth beruht. Während einige in der Farblosigkeit, haben andere ihren Werth in bestimmten Färbungen. Abweichungen.

An die Stelle der Kieselerde tritt in einigen, obwohl untergeordneten und seltenen Fällen, die Bor-, die Phosphorsäure und das Fluor. Es können ferner ganz heterogene Verbindungen in den Bestand des Glases eintreten, die keine der genannten Säuren enthalten. Umgekehrt werden gewisse Kunstprodukte, die begrifflich mit dem Glas ganz und gar zusammenfallen, gemeinhin nicht dazu gerechnet, z. B. die Glasuren in der Töpferei.

Die Unterscheidung der verschiedenen Gattungen des Glases beruht auf keinem logischen Grund; sie ist bloss äusserlichen Merkmalen, namentlich den verschiedenen Zwecken entnommen, zu denen das Glas bestimmt ist. Man unterscheidet Hohlglas im Gegensatz von Tafelglas; ersteres zu Gefässen und ähnlichen Geräthschaften, letzteres zu flachen Scheiben. Von dem Hohlglas unterscheidet man wieder das ordinäre stark braungelbe oder schmutzig grüne „*Flaschenglas*“, das „*halbweisse*“ und das „*weisse Hohlglas*“, woran sich als die höchste Stufe der Güte der „*böhmische Krystall*“ anreiht. Das Tafelglas zerfällt wieder in das eigentliche Tafelglas zu Fensterscheiben und in das Glas zu geblasenen Spiegeln; daran reihen sich, als eine besondere Gattung, die „*gegossenen Spiegel*“. Tafel- und Spiegelglas sind stets, Hohlglas bei dem Betrieb mit Holz, bleifreie mit Kalk geschmolzene Gläser. Wo die Steinkohle zur Feuerung dient, hat man meist bleihaltiges Hohlglas für weisse Waaren, den „*Bleikrystall*“. Gläser, bei denen es auf lichtbrechende Eigenschaft ankommt, sind stets und wesentlich bleihaltig, so das „*optische Glas*“ für Fernröhre und dergleichen und der „*Strass*“ zur Nachahmung der Edelsteine. Eine besondere Gattung bildet der ebenfalls bleihaltige, meist als undurchsichtiges Glas behandelte „*Email*“ oder „*Schmelz*“. Das feinere Hohlglas, namentlich der Krystall, bleihaltig oder bleifrei, dann das Tafelglas zu Fensterscheiben werden vielfach mit Farbenzusätzen behandelt, Strass und Email in der Regel. Daran reihen sich die sogenannten „*Kunstgläser*“, Spitzenglas, reticulirtes Glas, Millefiori, die Perlen, Incrustationen u. s. w. Gattungen.

Viele glasartige Flüsse dienen ausschliesslich als Farben in der Glas- und Emailmalerei. Eine Art Glas, die „*Smalte*“, wird als Gegenstand der Verhüttung im Grossen, ausschliesslich als Farbenkörper zu Anstrichen u. s. w. hergestellt. So wie die Färbung, so giebt auch das Aetzen und der Schliff wieder Unterscheidungen ab. Während bei Spiegeln und optischen Gläsern der Schliff den wesentlichen Gebrauchswerth ausmacht, ist er für die Hohlgläser vorwiegend Gegenstand der Form und Verzierung, die beim Krystall den Höhepunkt erreicht.

Eigenschaften.

Die Eigenschaften, die das Glas in so hohem Grade von den meisten anderen Stoffen unterscheiden, sind es, die ihm auf der einen Seite eine so hohe Bedeutung als einer der wichtigsten materiellen Grundlage der modernen Cultur verleihen; auf der andern Seite bedingen sie aber auch die Herstellung, die Verarbeitung des Glases und seinen Gebrauch in dem Grade, dass die Glasmachertechnik ohne Kenntniss dieser Eigenschaften nicht verständlich ist.

Chemische Eigenschaften.

Glasbildung. Wenn beim Zusammenschmelzen der Kieselerde und der Basen diese Körper sich einfach mit einander chemisch verbinden, und die Glasarten nichts weiter als nach bestimmten Verhältnissen zusammengesetzte Salze der Kieselerde sind, so scheint die Thatsache einigermassen befremdend, dass es mehr als 3000 Jahre vor der Kenntniss der Natur der Kieselerde und ihrer Verbindungen, sowie der stöchiometrischen Gesetze, gelang, Glas herzustellen und zwar mit vieler Vollkommenheit. Auch heut zu Tage ist es mit dem modernen Glashüttenbetrieb im Wesentlichen noch gerade so. Man schmilzt die Ingredienzien nach blossen empirischen, aus der Erfahrung gewonnenen und überlieferten Vorschriften zusammen; so mannichfach diese Vorschriften wechseln, so wenig die Verhältnisse derselben irgend Rücksicht auf chemische Gesetze nehmen, so geben doch alle schliesslich Glas. Diesem anscheinenden Widerspruch stehen übrigens mehrfache Momente erklärend zur Seite. Zunächst besitzt die Kieselerde die Fähigkeit, sich mit einer gegebenen Basis in mannichfaltigen Verhältnissen zu verbinden. Die Sättigungscapacität der Kieselerde ist, mehr als bei einer andern bekannten Säure, je nach dem Hitzgrade, Wandlungen unterworfen. Ferner besitzen die einzelnen Silicate in hohem Grade die Eigenschaft, sich im feurigen Fluss einander aufzulösen und in diesem Zustande des gleichförmigen Gemenges zu erstarren. Die Ungunst in den Gewichtsverhältnissen der Mischung wird daher schon durch Anpassen des Hitzgrades beim Schmelzen zum guten Theil ausgeglichen; zumal sich in der Ausübung Wechsel und Abweichungen in den Vorschriften doch nicht in das Schrankenlose verlieren.

Zu dieser aus der Natur der Kieselerde und der Silicate fliessenden Ausgleichung kommt noch hinzu, dass die zur Herstellung des Glases dienenden Basen, ganz besonders aber die Alkalien und das Bleioxyd, in dem Ofen nicht mehr eigentlich feuerbeständig, sondern merklich flüchtig sind. Ein Ueberschuss von Base findet auf diesem Wege Abzug. Insofern endlich die Basen nicht als blosse Metalloxyde, sondern in Gestalt derjenigen Salze verschmolzen werden, die der Handel und die Industrie bieten, ergiebt sich auch noch auf einem dritten Wege Ausgleich der

Mängel in den Vorschriften. Jene Salze — und es sind namentlich die alkalischen Salze, die hier in Betracht kommen — sind nemlich in der Glasmasse grossentheils unlöslich; sie scheiden sich daher, soweit sie nicht von der Kieselerde zersetzt und ihre Base aufgenommen wird, im geschmolzenen Zustande an der Oberfläche aus und lassen sich als sogenannte „*Glasgalle*" abschöpfen. Man begreift darnach leicht, wie es möglich ist, dass die mannichfachen Gemische in der Ueberlieferung der Glashütten beim Schmelzen stets in Glas und in Glasgalle aufgehen. Glasgalle.

Immerhin ist die Ansicht, wonach die verschiedenen Glasarten nichts weiter als bestimmte kieselsaure Salze sind, mehr behauptet als wissenschaftlich festgestellt worden. In der That bestehen mancherlei Zweifel gegen diese Ansicht, wenigstens in ihrer so weiten und apodictischen Fassung. Die Analysen geben so gut wie nie Zahlen, die sich ungezwungen dem Ausdruck einer bestimmten Constitution anpassen, meist sogar Zahlen, die sich davon weit entfernen. Dies erscheint dagegen natürlich, wenn man die Glasarten nur als Gemenge von Silicaten betrachtet, die sich im Schmelzen in den mannichfachsten Verhältnissen einander auflösen. Wie die Erfahrung lehrt, kommt sogar eine vollkommene gleichmässige Mischung durchaus nicht immer zu Stande, ist sogar, wie bei den optischen Bleigläsern, eine kaum zu überwindende Schwierigkeit. Weiterhin ist es erwiesen, dass völlig heterogene Verbindungen in das Glas eingehen können, ohne dass dadurch seine wesentlichen Eigenschaften gestört werden; dies thut z. B. schwefelsaures Natron, Schwefelnatrium und ohne Zweifel noch viele andere Körper. Das Glas ist keineswegs das einzige Beispiel solcher Gemenge: Antimonoxyd und Schwefelantimon schmelzen zu einer gleichförmigen Masse (Spiessglanzglas) zusammen, ebenso die verschiedenen Zuckerarten. Constitution.

Es ist nicht ganz undenkbar, dass die schmelzenden Silicate des Glases nicht bloss Salze u. s. w. sondern auch Kieselerde und andere Körper, vielleicht sogar regulinische Metalle einfach auflösen ohne sie chemisch zu binden. Die Annahme aber, als seien die verschiedenen Arten Glas nichts als neutrale Silicate, von denen diese überschüssige Kieselerde, jene überschüssige amorphe Basen enthalten (Jullien), ist offenbar übertrieben.

Wie bei den meisten chemischen Verbindungen und Gemengen, so nimmt auch bei dem Glas die Natur der Bestandtheile einen bestimmenden und abändernden Einfluss auf die Beschaffenheit des Ganzen. Die Dichte, die lichtbrechende und lichtzerstreuende Kraft, der Glanz, die Festigkeit und Härte, die Streng- und Leichtflüssigkeit, die Farbe, die Durchsichtigkeit, endlich die chemische Beständigkeit des Glases richten sich in erster Linie nach der Natur der Metalloxyde, die in seinen Bestand eingehen. Die Wahl derselben ist daher praktisch von grosser Wichtigkeit. In dieser Beziehung lehrt die Erfahrung zunächst, dass die einzelnen Eigenschaften des Glases durch Aenderung des chemischen Bestandes sich nicht in gleicher Richtung, sondern in entgegengesetzter Richtung ändern, dass die einen abnehmen, wenn die anderen zunehmen. So kann mit der Dichte Einfluss des Bestandes.

das optische Verhalten des Glases, die Leichtflüssigkeit, nicht aber die Härte und Beständigkeit gesteigert werden.

Bestand. Die Körper, die als wesentliche Bestandtheile in das Glas eingehen, sind: auf Seite der Säuren oder deren Vertreter, Kieselerde, seltener Borsäure und Fluor; auf Seiten der Basen, Kali und Natron, Kalk, Bittererde, Baryt, Thonerde, dann Eisen-, Manganoxyde und Bleioxyd. Für gewisse Fälle kommen noch die Verbindungen anderer Schwermetalle, namentlich des Kupfers, des Kobalts, des Chroms, des Urans, des Zinns, des Silbers und des Goldes hinzu. Nicht alle Bestandtheile des Glases sind beabsichtigte Zusätze; manche sind vielmehr stets zufällige, so Bitter- und Thonerde, andere sind es wenigstens in den meisten Fällen, so die Oxyde des Eisens.

Physikalische Eigenschaften.

Wärme und Elektricität. Das Glas ist ein schlechter Leiter der Elektricität und ein sehr schlechter Leiter der Wärme; in diesem letztern Punkte wird es nur von den Gasen und organischen Stoffen (wie Holz) übertroffen.

Dichte. Die Dichte des Glases wechselt je nach den Bestandtheilen sehr stark, zwischen etwa 2,3 bis 3,6. Die Basen, deren Verbindungen überhaupt durch grosse Dichte ausgezeichnet sind, geben auch dem Glase diese Eigenschaft, ganz besonders der Baryt und das Bleioxyd.

Härte. Die Härte des Glases schwankt nicht minder in weiten Grenzen. Während manche Gläser schon durch die Reibung beim gewöhnlichen Gebrauch kantenstumpf und blind, und von einer englischen Feile stark angegriffen werden, ist es bei anderen Gläsern schwer einen Strich damit hervorzubringen. Die Härte wächst im Allgemeinen mit dem Gehalt an Kieselerde und nimmt ab mit steigendem Gehalt an Basen. Unter diesen sind es die Alkalien und das Bleioxyd, die am meisten der Härte entgegenwirken. Dabei hat die Behandlung des Glases bei der Fabrikation, namentlich die Abkühlung vielen Einfluss. Die Erstarrungsoberfläche des Glases ist immer härter als die Bruch- und die Schleifoberfläche, überhaupt als das Innere.

Festigkeit. Die Festigkeit des Glases ist nach dem dreifachen Begriff dieser Eigenschaft, als Widerstand gegen Zerdrücken, als Widerstand gegen Zerreissen und als Widerstand gegen Biegen auffallend und in höherem Grade ungleich als bei den meisten Körpern. Der Widerstand gegen Zerdrücken ist sehr bedeutend, der gegen Zerreissen schon um vieles kleiner; während diese Widerstände bei Gusseisen z. B. sich wie 7 : 1 verhalten, sind sie beim Glas wie 10 : 1. Bei einem bleihaltigen Glas (Flintglas) z. B. ergab sich der Widerstand gegen Zerdrücken zu 1820 Kilogramm, gegen Zerreissen zu 177 Kilogramm auf 1 Quadratcentimeter; bei den bleifreien Kalkgläsern sind diese Werthe etwas grösser. Was den Widerstand gegen Biegen anbelangt, so ist das Glas bei Sprödigkeit. einigermassen erheblicher Dicke durch seine Sprödigkeit sprüchwörtlich.

Diese Sprödigkeit nimmt mit der Dicke rasch ab; die dem Glase eigne Elasticität beginnt dann zu überwiegen, in ganz dünnen Blättchen und Fäden ist das Glas sogar ausgezeichnet elastisch und biegsam, so dass sich sehr zarte Fäden so wie Wollfasern kräuseln und zu Knoten knüpfen lassen, ohne zu brechen. Wie bekannt, ist die Sprödigkeit bei ein und demselben Glas, wenn auch immer gross, doch im höchsten Grade von dem Uebergange aus dem heissen in den kalten Zustand, also von der Art der Abkühlung abhängig und wächst mit der Schnelligkeit derselben ungeheuer. Bei den sogenannten Glasthränen, Fig. 1, entstanden aus Tropfen geschmolzenen Glases, die man ins Wasser fallen lässt, genügt die kleine Erschütterung vom Abknicken der äussersten dünnen Spitze *a*, um die ganze Masse in Staub zerfallen zu machen. Ebenso genügt bei Elasticität.

Fig. 1.



der dickwandigen, in der Luft rasch abgekühlten Bologneser Flasche, Schütteln mit einem scharfen Quarzsplitter von Linsengrösse, also eine äusserst geringe Reibung, um das Gefäss mit einem Knall zu zersprengen. Offenbar erfolgt bei der raschen Abkühlung, wo die Oberfläche sehr plötzlich und darum viel früher fest wird als das Innere, eine Spannung der kleinsten Theilchen, bei der ihr Zusammenhang der geringfügigsten Erschütterung nachgiebt. Bei langsamer Erkaltung dagegen finden die einzelnen Schichten und ihre kleinsten Theilchen Zeit, sich einer festerem Zusammenhang entsprechenden Anordnung zu fügen. Durch blosse Abkühlung an der Luft und ohne weiteres Zuthun behalten die Glasgeräthe, soweit sie nicht allzudünn sind, eine Sprödigkeit, die sie zum Gebrauch untauglich macht. In der Glashütte ist daher von jeher Das Kühlen. ein besonderer Kunstgriff in Anwendung, um die Sprödigkeit des Glases, soweit wie irgend möglich, herabzustimmen. Dieser Kunstgriff, das „*Kühlen*“, besteht darin, dass man die fertigen Gegenstände nachträglich wieder auf eine mässige Glühhitze bringt, nahe auf die Temperatur, bei der sie erweichen. Indem man sie dann in Masse mit dem festverschlossenen Ofen erkalten lässt, wird der Uebergang vom glühenden auf den kalten Zustand auf viele Stunden ausgedehnt und die Sprödigkeit hinreichend gemildert. Sehr dünne Gegenstände aus Glas sind auch beim Abkühlen in der Luft hinreichend haltbar.

Noch nachtheiliger wie Biegen, Schlag oder Stoss wirkt rascher Temperaturwechsel. Temperaturwechsel, dem selbst gutgekühltes Glas, namentlich bei unvorsichtiger Behandlung, schlecht widersteht. In diesem Fall vereinigt sich die Sprödigkeit des Glases mit seiner geringen Fähigkeit für Wärmeleitung. Die erhitzte Stelle dehnt sich aus, die nahe angrenzenden kalt

gebliebenen Stellen, die dazu keinen Anlass haben, geben nicht nach, es erfolgt Bruch.

Lichtbrechung und Lichtzerstreuung.

Von der Dichte des Glases hängt die Kraft ab, mit der es das Licht bricht und zerstreut; die Lichtzerstreuung pflegt rasch zuzunehmen mit der Brechung. Die bleihaltigen Gläser, als die am stärksten brechenden zu optischen Instrumenten unentbehrlich, neigen auch am meisten zu Farbenrändern der Bilder; nicht so die bleifreien Gläser, die aber auch bedeutend schwächer brechen. — Der eigenthümliche, nach dem Glas benannte Glanz, der keiner Gattung fehlt, tritt bald lebhafter, bald matter auf. Wenn auch die Mischung des Glases ihren Einfluss hat und manche Zusätze besonders auf Glanz wirken, so hängt dieser doch wieder bei ein und demselben Glas von Umständen bei der Fabrikation ab, über die es schwerer ist Rechenschaft zu geben.

Farbe.

Genau genommen und nach der vollen Strenge des Wortes giebt es kein absolut farbloses, oder, wie der Kunstausdruck lautet, ganz „*weisses*“ Glas. In dicken Stücken und Massen zeigen auch die weissesten Gläser einen wenn auch hellen, aber doch deutlichen Farbenton. So wie die Gläser in der Praxis verarbeitet werden, wo Wandstärken von mehr als einigen Millimetern schon nicht häufig, von Centimetern selten vorkommen, sind diese Farbentöne verschwindend und können daher solche Gattungen als farblos angenommen werden. Unter den Bestandtheilen des Glases scheint die Kieselerde am wenigsten, auch die eigentlichen Erden, wie Kalk, Bittererde, Baryt nur sehr unbedeutende Färbungen zu bedingen. Bei den Alkalien ist dies schon in höherm Grade der Fall, namentlich bei dem Natron. Die Oxyde der schweren Metalle geben nur ausnahmsweise ein farbloses oder annähernd farbloses Glas; ein solches liefert namentlich das Bleioxyd, ein sehr günstiger Umstand für die Glasfabrikation. Die überwiegende Mehrzahl der Oxyde der Schwermetalle geben dem Glas, in ähnlicher Weise wie bei ihren Salzen, eine ausgesprochene Färbung, so das Kobaltoxyd blau, das Chromoxyd grün, das Kupferoxyd blau oder grün, das Kupferoxydul roth, das Eisenoxyd gelb, das Eisenoxydul blau-grün, das Manganoxyd violett, das Manganoxydul blassrosa u. s. w.

Nach diesen Voraussetzungen erscheint die Herstellung eines farblosen Glases im praktischen Sinn auf den ersten Blick als eine leichte Sache, wenn man die Kieselerde ausschliesslich mit nichtfärbenden Metalloxyden, z. B. Kali und Kalk oder Kali und Bleioxyd zusammenschmilzt. Dies ist in der That, was man bei der Fabrikation der die höchste Farblosigkeit repräsentirenden Gläser (Krystall) thut; nichtsdestoweniger ist aber dieser Grad von Farblosigkeit eine der bedeutendsten Schwierigkeiten im Glasfach. Diese Schwierigkeit liegt in dem fast unvermeidlichen, aller Vorsicht spottenden Einschleichen von färbenden Verbindungen in den Bestand des Glases; zunächst die Oxyde des Eisens, namentlich das Oxydul, die als Beimischungen fast aller Zuthaten des Glases und des Materials aller Schmelzgeräthe mehr oder weniger im Spiel sind.

Ferner ist es die Eigenschaft des Glases, Schwefelmetalle, am gewöhnlichsten Schwefelnatrium, unbeschadet seiner sonstigen Beschaffenheit und Homogenität, aufzulösen und nach dem Erstarren bei sich zu behalten, Verbindungen, die sich beim Schmelzen des Glases sehr leicht erzeugen. Man begreift daher, dass es im Ganzen schwerer ist einen farblosen Krystall als ein Glas von bestimmter absichtlicher Färbung zu erzeugen. Farbe;

Manche Metalloxyde, wie die des Kobalts, des Chroms und einiger anderer, ertheilen dem Glase, sobald sie chemisch demselben einverleibt sind, sofort ohne Weiteres unwandelbar und bleibend die betreffende specifische Färbung, also blau, grün u. s. w.

Im Gegensatz dazu sind gewisse Gattungen von Glas mit Schwermetallen, unter anscheinend unbedeutender Aenderung der Umstände einer merkwürdigen Wandlung der Farbe unterworfen, die mit den auffallenden Erscheinungen des Allotropismus zusammenzuhängen scheint. Diese Wandlung findet statt theils bei dem Schmelzen, theils beim blossen Glühen des Glases bis zur beginnenden Erweichung, theils in starrem Glas. Wandlung der

Die mit Gold- und die mit gewissen Kupferverbindungen geschmolzenen Gläser haben unmittelbar nach dem Erkalten keine andere Farbe als gewöhnliches Hohl- oder Tafelglas. Unter gewissen Bedingungen geschmolzen und erkaltet, nehmen sie beim nachträglichen Erhitzen auf die beginnende Glühhitze, bei der sie eben etwas erweichen, plötzlich die prachtvollen purpur- und blutrothen Farben an, die diese Gläser so sehr auszeichnen. Werden diese Gläser nach dem „*Anlaufen*“ — so nennt man die Erscheinung in den Glashütten — wieder eingeschmolzen, so geben sie wieder gewöhnliches grünliches Glas, welches durch Anlaufen abermals in rothes übergeht u. s. f. — Unter anderen Bedingungen geschmolzen, nimmt das goldhaltige Glas die rothe Anlauffarbe unter keinen Umständen an und verhält sich ganz und gar wie gewöhnliches Glas ohne Gold. Unter noch anderen Bedingungen tritt es mit der Farbe des Madeiraweins auf.

Zu diesen Erscheinungen, die ausschliesslich von der Wirkung der Wärme abhängen, gehört auch die, dass einige — besonders hellgrüne und gelbe — Gläser beim Erhitzen und zwar noch vor dem Eintritt der Glühhitze, aufdunkeln und beim Erkalten wieder heller werden.

Eine andere Gattung von Farbenwechsel, weniger auffallend aber nicht minder merkwürdig als der vorige, ist ebenso ausschliessliche Wirkung des Lichtes. Das gewöhnliche Tafelglas, wie es aus den Händen des Fabrikanten hervorgeht, erscheint von der hohen Kante gesehen mit einer ins Bläuliche, ins Blaugrüne oder ins Grasgrüne gehenden Färbung. Während einer längern Zeit von einigen Monaten dem Sonnenlicht ausgesetzt, ändern fast alle die Farbe, nicht bloss die Tiefe des Tons, sondern meist die Art. Auch gegossenes Spiegelglas und sonstiges weisses Glas zeigt häufig die Erscheinung, aber im geringern Grade. **Gaffield** erhielt bei einer Reihe von vergleichenden Beobachtungen, wobei die Proben ein Jahr lang an freier Luft dem Sonnenlicht ausgesetzt waren, folgende Ergebnisse:

Wandlung der Farbe.

	vorher	nachher
Englisches Fensterglas	dunkelgrün	bräunlich-grün
Belgisches Fensterglas	bräunlich-gelb	dunkel purpur
Englisches Spiegelglas	schwach grün	gelblich-grün
Französisches Spiegelglas	bläulich-weiss	gelblich
Englisches Crownglas	schwach grün	schwach purpur
Deutsches Krystallglas	ebenso	ins Bläuliche stechend
Amerikan. Krystallglas	schwach bläulich	ins Purpurne stechend
Dasselbe	schwächer bläulich	schwach gelblich-grün

Bei einigen mit Braunstein als Entfärbungsmittel (sieh unten) geschmolzenen Tafelgläsern hat man beobachtet, dass sie am Licht vollkommen ins Violette umschlagen (Pinakothek in München). — Ein Stück englisches Spiegelglas in 12 Streifen geschnitten, von denen die ersten als Gegenprobe im Dunkeln aufbewahrt, die anderen jeder doppelt so lange als der vorhergehende dem Licht ausgesetzt wurde, liessen so den allmählichen Uebergang der Farbe erkennen: anfangs grünlich, zog sie erst ins Gelbe, dann ins Zwiebelrothe, und wurde zuletzt entschieden violett (Gaffield). In allen diesen Fällen war das unveränderte Sonnenlicht wirksam; geht das Sonnenlicht durch rothe, gelbe und grüne Glasschirme, so wird es völlig unwirksam; geht es durch violettes und blaues Glas, so ist die Wirkung nur geschwächt. Man will gefunden haben, dass diese Wirkung nicht von dem zerstreuten, sondern nur von dem unmittelbaren Sonnenlichte ausgeübt werde; doch liegt der Fall vor, dass mit Gold geschmolzenes sehr schwach grünliches Glas im zerstreuten, noch dazu sehr schwachen Licht, tief zwiebelroth wurde, während daneben im Schatten liegende Stücke unverändert blieben. — Die Thatsache, dass Gläser der erwähnten Art auf die Temperatur erwärmt, die sie im Sonnenschein annehmen, oder in siedendes Wasser getaucht, bei Abhaltung des Lichts unverändert bleiben; gilt als Beweis, dass die Wärme bei der Farbenänderung nicht im Spiel ist. — Durch Sonnenlicht verfärbte Gläser nehmen durch Ausglühen oder Umschmelzen wieder ihre ursprüngliche Farbe an. — Wenn auch die Verfärbung der Gläser im Licht in einigen Fällen mit einem Gehalt an Mangan zusammenhängt, so ist doch in der Mehrzahl der Fälle die Erscheinung nicht auf einen bestimmten Bestandtheil zurückzuführen. — Einige Gläser widerstehen dem Licht völlig, so bleihaltiger Krystall, manche Sorten englisches Spiegelglas und ordinäres amerikanisches Glas (Gaffield, Bontemps).

Verhalten in der Hitze.

Das Verhalten des Glases in höheren Hitzgraden, ist ebenfalls in mancher Beziehung eigenthümlich und wichtig. Zu den allerwesentlichsten Eigenschaften gehört ein äusserst gedehnter und allmählicher Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand. Etwa mit dem Eintritt der sichtbaren Glühhitze, auch wohl schon etwas früher, beginnt das Glas zu erweichen, es lässt sich biegen und einigermassen in die Länge ziehen. Mit der Rothglühhitze ist es so dehnbar, dass es ohne grosse Anstrengung durch Eintreiben von Luft in Blasen ausgedehnt und zu

den dünnsten Fäden ausgesponnen werden kann. Bei voller Rothgluht beginnt die Flüssigkeit, das Glas neigt zum Abtropfen von den Geräthen, zum Auseinanderfliessen auf der Unterlage. Bei der hellen Rothglühhitze wird es flüssig, aber selbst bei der strengsten Weissgluth nimmt es nie die Dünnflüssigkeit des Wassers an; es erreicht höchstens die Consistenz eines dünnen Syrups. Im Zustand der Erweichung, also bei Rothgluth, lässt sich das Glas kneten, formen, schneiden wie Thon; zwei Stücke zusammengedrückt, haften sofort aneinander zu einem Ganzen. Diese Eigenschaften, die Grundlage der Verarbeitung des Glases, besitzen alle Gattungen, aber die verschiedenen Gattungen in sehr ungleichem Grade, sowohl was den Schmelzpunkt, als was die Allmählichkeit des Erweichens betrifft. Verhalten in der Hitze.

Die grössere oder geringere Leichtflüssigkeit des Glases ist zumeist von seinem chemischen Bestand abhängig; dabei ist sowohl die Natur der Bestandtheile als auch das Verhältniss entscheidend, in welchem sie vorhanden sind. Zunehmender Kieselerdegehalt macht das Glas strengflüssiger; zunehmender Gehalt der Base leichtflüssiger. Beträgt z. B. beim Eisenoxydulsilicat der Sauerstoff der Säure doppelt soviel wie der der Base, so kommt es bei der Schmelzhitze des Roheisens in Fluss, ist der Sauerstoff der Säure das Dreifache (Trisilicat), so kommt es erst mit der Schmelzhitze des Gussstahls in Fluss. Nur bei einem sehr grossen Ueberschuss von Base, wo die Kieselerde nicht mehr zur Bindung hinreicht, wird die Mischung wieder strengflüssiger. — Unter sonst gleichen Voraussetzungen geben die beiden Alkalien, ebenso die meisten Oxyde der Schwermetalle leichtflüssige, die Erden strengflüssigere Silicate. Unter den Silicaten der Schwermetalle ist das des Bleioxydes besonders ausgezeichnet durch Leichtflüssigkeit. Unter den Erden geben die alkalischen Erden, wie der Kalk, mehr leichtflüssigere, die übrigen, wie namentlich die Thonerde, sehr strengflüssige Silicate. Ist die Kieselerde durch Borsäure oder Fluor vertreten, so sind die Verbindungen unter denselben Umständen beträchtlich leichtflüssiger. Wenn mehrere Basen zugleich in Kieselerdeverbindung eintreten, so ist der Schmelzpunkt gewöhnlich der mittlere der Einzelsilicate. So ist Glas aus Alkali und Kalk strenger als blosse alkalische Silicate und leichtflüssiger als Kalksilicat für sich; mitunter ist das Gemenge auch leicht flüssiger als die Bestandtheile.

Sehr verschieden verhalten sich die Gläser auch in Bezug auf den Uebergang aus dem festen in den flüssigen Zustand. Bleihaltige Gläser erweichen mit steigender Temperatur am frühesten und sehr allmählich, Gläser aus Alkalien und Erden ohne Blei später, mit rascherem Uebergang in den flüssigen Zustand. Die Temperatur, bei der die bleihaltigen Gläser erweichen, beginnt mit 1000^0 bis 1100^0 C.; sie ist für bleifreie Kalkgläser etwa 1200^0 C. Die Temperatur, bei der die Gläser in vollem Fluss gehen, ist zwischen 1500^0 und 2000^0 C.

Von einer Reihe von Körpern ist bekannt, dass sie im feurig-flüssigen Zustande Gase absorbiren und im Erstarren wieder fahren lassen. Es ist kaum zu bezweifeln, dass auch das Glas oder doch manche Gattun- Absorption von Gasen.

gen Glas dazu gehören. Der Feldspath schmilzt im Feuer der Porzellanöfen zu einem vollkommen flüssigen, aber nach dem Erkalten stets trüben Glas. Unter starker Vergrösserung löst sich die Trübung in eine unendliche Menge sehr kleiner Bläschen in völlig klarem Glase auf. — Smaragd (aus Kiesel-, Beryll- und Thonerde mit etwas Chromoxyd bestehend) mit Kalk zu einem Glas geschmolzen, entwickelte im Augenblick des Teigigwerdens reichlich Wasserstoff (Deville).

Entglasung. Kein Glas kann bei der Temperatur seiner Erweichung auf die Dauer bestehen, ohne seine gleichartige Beschaffenheit einzubüssen. Es giebt seine Natur allmählich auf und geht in einen Körper von ganz verschiedenen Eigenschaften über. Man hat diese Wandlung sehr treffend mit dem Ausdruck „*Entglasung*“ bezeichnet. Bei der Behandlung vor der Glasbläserlampe beobachtet man häufig, dass das Glas ohne eigentliche Trübung matt, wie angeschliffen, und an den matten Stellen sofort steif und strengflüssig wird. Wenn auf den Hütten am Schluss der Campagne ein Ofen ausgeht, so finden sich nach dem Erkalten — welches unter den Umständen mehrere Tage in Anspruch nimmt — die Reste von Glas in den Schmelzgefässen in eine undurchsichtige, krystallinische, steinartige, sehr feste und wenig spröde Masse verwandelt, die mit dem Glas keine Aehnlichkeit mehr hat. Schon im Jahre 1727 und 1739 hat sich Réaumur (Réaumur's Porzellan), später Darcet und in neuerer Zeit (1855) Pelouze damit beschäftigt, diese Erscheinung künstlich hervorzurufen. Als dieser Letztere in der Glasfabrik von St. Gobain Spiegelglas in einem Kühlofen längere Zeit bei der Erweichungstemperatur erhielt, so war es nach 24 bis 28 Stunden umgewandelt. Stets geht diese Erscheinung stufenweise vor sich. Sie beginnt mit einer leichten Trübung bei sonst ungeänderten Eigenschaften. Später entstehen in der Masse an bestimmten Punkten kugelartige, aus strahlig verwachsenen Nadeln gebildete Krystallisationen nach Art des Wawellit, die anfangs getrennt in der unveränderten Grundmasse als weisse undurchsichtige Ausscheidungen liegen. Indem diese Krystallisationen, die gern von Körnern und sonstigen Einschlüssen im Glas, in der Regel aber von den Oberflächen ausgehen und nach der Mitte wachsen, geht zuletzt die ganze Masse des Glases in einen porzellanartigen Körper über. Er erscheint bei farblosem Glase weiss, sonst mehr oder weniger gefärbt. Ob man das Glas für sich einsetzt, oder in Sand und dergleichen einbettet, ist dabei gleichgültig. Im Zustande der Entglasung ist das Glas strengflüssiger, lässt sich aber bei gehörigem Hitzgrade wieder umschmelzen, und nimmt dann die ursprünglichen Eigenschaften wieder an; so umgeschmolzen lässt es sich abermals entglasen u. s. f. Nach der Entglasung ist die Masse auch bedeutend härter, sie ritzt Glas (angeblich sogar mitunter Bergkrystall), giebt am Stahl Funken und ist ungleich weniger spröde als unverändertes Glas. Der Glanz nimmt in der Regel ab, geht vom Glas- in Wachsglanz über; oft verliert er sich zuletzt gänzlich in eine rauhe Oberfläche, erscheint aber dann nach dem Schleifen und Poliren wieder. Mit der Entglasung wird die Masse zu

einem Leiter der Elektricität, es findet Abnahme der Wärmecapacität und zugleich Aenderung der Dichtigkeit statt. Nach den vorhandenen hier zusammengestellten Bestimmungen des specif. Gewichtes erscheint diese Dichtigkeitsänderung bald als Zu-, bald als Abnahme: Entglasung.

	Amorph — Entglast		Amorph — Entglast
G. Morveau . .	2,625 — 2,801	Splitgerber . .	2,571 — 2,562
Splitgerber . .	2,485 — 2,503	Hausmann . .	2,621 — 2,573
Terreil	2,724 — 2,824	Pelouze . . .	grösser — kleiner
Derselbe . . .	2,610 — 2,857		

Diese Abweichung in den gefundenen specifischen Gewichten beruht wohl weniger in der Natur der Sache als in der Schwierigkeit, die krystallisirte Masse von der unveränderten Grundmasse gehörig zu trennen. — Verschiedene Gattungen von Glas zeigen die Neigung zum Entglasen in sehr ungleichem Grade, doch besteht keine Ausnahme, farblose wie gefärbte Gläser sind dieser Veränderung unterworfen, weniger als alle übrigen aber der Bleikrystall und bleihaltige Gläser überhaupt. Man hat vielfach geglaubt, die Neigung zum Entglasen auf bestimmte Bestandtheile oder auf einen bestimmten Gehalt an solchen zurückführen zu müssen. So fand Splitgerber, dass sie bei gleichem Betrag von Kiesel- und Kalkerde mit abnehmendem Natrongehalt wächst, dass sie bei gleichem Betrag von Kieselerde und Potasche mit steigendem Kalkgehalt zunehme. Aehnlich Bontemps. Nach Pelouze entglasen Kaligläser schwieriger als Natrongläser, mit Kieselerde übersetzte Gläser und Bittererdegläser am leichtesten, Borsäuregläser selbst nach 96 Stunden nicht. Alles dies läuft jedoch nur auf die einfache Thatsache hinaus, dass die Neigung zur Entglasung durch Strengflüssigkeit erhöht, durch Leichtflüssigkeit vermindert wird.

Darüber, dass die Entglasung ein Uebergang aus dem amorphen in den krystallinischen Zustand sei, war man allezeit einig; nicht so über die Frage, ob das Glas in seinem ganzen Bestand (etwa wie Schwefel und Zucker), oder nur mit gewissen Theilen seines Bestandes diese Wandlung erleide, d. h. ob der chemische Bestand des entglasten Theils gleich sei mit dem der amorphen Grundmasse oder nicht, ob mit der Entglasung eine Zersetzung Hand in Hand gehe oder nicht. Die chemischen Analysen geben zuweilen erhebliche Unterschiede in der Zusammensetzung des entglasten und des amorph gebliebenen Theils, so einige der folgenden:

Entglasung.

	Kersten		Dumas		Terreil *)			
	Krystallisirt	Grundmasse	Krystallisirt	Grundmasse	Krystallisirt	Grundmasse	Krystallisirt	Grundmasse
Kieselerde . . .	58,8	60,39	68,2	64,7	55,85	56,84	63,67	62,40
Thonerde	3,3	6,10	4,9	3,5	2,22	3,64	4,98	7,21
Kalk	20,2	13,40	12,0	12,0	24,14	21,15	18,65	18,14
Eisenoxydul . .	3,5	3,10	—	—	1,06	2,59	0,71	2,66
Manganoxydul .	4,2	2,20	—	—	Spur	Spur	Spur	Spur
Bittererde . . .	0,5	0,40	—	—	7,63	6,37	6,12	4,47
Kali	2,7	} 14,41 {	—	—	0,63	0,40	} 5,87	5,12
Natron	5,5		14,9	19,8	8,47	8,69		

Auch Leblanc fand im amorphen Theil einer Glasprobe 5 Procent Kieselerde mehr als im krystallinischen, in jenem 1,5 Proc. Eisenoxydul, in diesem nur Spuren. Dumas, davon ausgehend, dass das Glas nur ein Gemenge von verschiedenen Silicaten sei, zog aus seinen Analysen die Folgerung, dass unter den Bedingungen der Entglasung die strengflüssigsten darunter zuerst krystallisiren, während die leichtflüssigsten noch amorph blieben. Die Zusammensetzung beider Formen erscheine ungleich, weil sie von Haus aus Silicate von verschiedenem chemischen Bestande seien. Andere nahmen sogar als Ausgangspunkt der Entglasung eine wirkliche Zersetzung, ein Zerfallen in verschiedene Produkte an, von denen das eine krystallisire, das andere nicht. Namentlich ist Verflüchtigung von Alkali oft als bedingende Ursache angegeben. Auch der Umstand, dass bei der Entglasung von Buntglas der krystallinische Theil nur schwach, die Grundmasse aber tiefgefärbt sich darstellt, wurde auf Zersetzung gedeutet. Berzelius, später Pelouze, haben sich für einfache Wandlung des Molekularzustandes ohne Zersetzung ausgesprochen. In der That ist die Abweichung im chemischen Bestand beider Formen des Glases keine allgemein gültige Erscheinung: sie ist in manchen Fällen wenig erheblich, wie bei Terreil (s. oben); in anderen Fällen, z. B. bei den Analysen von Hausmann und Geuther, nicht grösser, als sie bei zwei Analysen desselben Körpers sonst auszufallen pflegen; Pelouze endlich vermochte gar keine Veränderung der Zusammensetzung nachzuweisen. Nach diesem letztern findet nach 24stündigem Glühen mit Entglasung keinerlei Gewichtsverlust statt, nach Stolba ein solcher von 0,4 Proc. Bei den Analysen fehlt übrigens zur Beweiskraft der Nachweis einer in allen Theilen homogenen Beschaf-

*) Flaschenglas.

fenheit des Glases vor der Entglasung; dass das Glas gewöhnlich nicht so homogen ist, lehrt die Praxis zur Genüge. Wenn der krystallinische Theil bei Buntgläsern weniger gefärbt erscheint, wie die Grundmasse, so ist dies als optische Folge der Undurchsichtigkeit des Krystallgewebes nicht anders zu erwarten. Endlich sind auch Gläser aus blossem Alkali und Kieselerde, die nicht wohl als Gemenge anzusehen sind, ebenfalls der Entglasung unterworfen. Eine chemische Umsetzung oder Zersetzung der Glasmasse ist demnach schwerlich eine allgemein gültige Bedingung der Entglasung. Entglasung.

In der heutigen Industrie spielt die Entglasung keine andere Rolle als die der Entartung, der Entwerthung des Glases. Die Bestrebungen Réaumur's, das Produkt vollständiger Entglasung als ein neues selbständiges Material in die Künste einzuführen, sind ohne Folgen geblieben, offenbar weil die Herstellung zu umständlich und kostspielig. Dagegen wird die Erscheinung in einer Richtung ausgebeutet, die herkömmlicher Weise nicht mit der Entglasung zusammengestellt, im Princip aber nichts destoweniger damit zusammenfällt. Dies gilt für die unter dem Namen „*Aventurin*“ und „*Hämatinon*“ bekannten Gattungen von Glas, von welchen weiter unten die Rede sein wird.

Chemische Eigenschaften.

Wie bei den Kieselerdeverbindungen überhaupt, so gilt auch bei den Gläsern die Regel, dass sie chemischen Einflüssen um so weniger widerstehen, je stärker die mit der Kieselerde verbundene Base und je höher ihr Betrag. Gemenge von Silicaten widerstehen mehr, als ihre Bestandtheile, die Einzelsilicate. Ganz besonders gilt dies für die glasartigen Produkte und ist diese zweite Regel der Hauptgrund, warum ein Glas im Sinn des Glasmachers immer wenigstens zwei Basen enthalten muss: neben dem Alkali eine Erde oder ein Schwermetalloxyd. — Die Silicate werden von gewissen Agentien ohne weiteres zersetzt, so von Fluorwasserstoff. Manche Silicate werden auch von starken Mineralsäuren vollkommen aufgeschlossen, andere thun dies nicht, wenigstens nicht in dem Sinne der analytischen Chemie. Eigentlich handelt es sich dabei nur um eine Zeitfrage, denn auf die Dauer widersteht, selbst dem gelinden Angriff der Atmosphärilien, kein Silicat. Das Glas verhält sich wie die Silicate im Allgemeinen, aber doch wie ein sehr beständiges Silicat. —

Vor allen Dingen begründet es einen durchgreifenden Unterschied, ob das Glas dem chemischen Angriff mit seiner natürlichen von der Bearbeitung im Feuer stammenden Oberfläche geboten wird, oder mit den inneren, z. B. durch Schleifen oder Zerreiben blossgelegten Theilen. Natürliche Oberfläche.

Glasgefässe mit der natürlichen Oberfläche werden unter den gewöhnlichen Umständen nur äusserst unmerklich angegriffen, wenn das Glas von sonst guter Beschaffenheit. Bei schlechter Beschaffenheit des Glases, langer Dauer der Einwirkung, hoher Temperatur, oder besonderer Natur und Stärke der Reagentien wird der Angriff bedeutender, bis zur völligen Zersetzung.

Verhalten zu Luft;

Es ist mehrfach beobachtet, dass Glas, längere Zeit der feuchten Luft ausgesetzt, ohne äusserlich verändert zu erscheinen, die Eigenschaft gewinnt, beim Erwärmen sich zu trüben, unter Abschieferung von Schüppchen matt und rauh zu werden. Diese Veränderung findet lediglich an der Oberfläche und unter Abgabe von kleineren Mengen gebundenen Wassers statt (Griffiths; Splitgerber; Vogel und Reischauer); sie scheint nur fehlerhaft zusammengesetzten Gläsern eigen zu sein. Eine allgemeine, namentlich bei Fensterglas bekannte Eigenschaft des Glases ist, dass es sich an Luft und Wetter mit einer dünnen, trüblichen, in Regenbogenfarben spielenden Schicht überzieht. Die Bildung derselben beruht auf dem Verhalten des Glases zum Wasser.

zu Wasser.

Nach fünf Tage lang fortgesetztem Kochen in einem Glaskolben löste das Wasser von diesem Kolben 0,1 Grm. auf (Pelouze); Wasser in einer Retorte aus weissem Glas, in sieben Portionen von je 4 Liter, jedesmal bis auf einen gewissen Rückstand destillirt, enthielt zuletzt 3,5 Grm. Substanz aufgelöst (Barral). Viel beträchtlicher ist die Wirkung des Wassers auf vorher fein zerriebenes Glas. Solches Glas mit Wasser befeuchtet reagirt sofort alkalisch (Fuchs, Pelouze), absorbirt Kohlensäure aus der Luft und braust dann mit Säure auf (Pelouze). Ein Stück von dem Hals des obenerwähnten Kolbens zerrieben und im Bauch mit Wasser andauernd gekocht, wurde bis zu $^1/_3$ seines Gewichtes zersetzt (Pelouze). Zwei Proben von Natronkalkglas mit destillirtem Wasser unter öfterer Ergänzung des Verdunsteten gekocht, gaben das eine (*a*) 3 Proc., das andere (*b*) 18 Proc. lösliche Theile an Wasser ab*). Das Wasser nimmt dabei eine lösliche Verbindung von Kieselerde mit Natron auf (bei [*b*]: $3\,SiO_3 + 2\,NaO + 2\,HO$), während der Rückstand kohlensauren Kalk enthält (Pelouze). Alle Gattungen von Gläsern unterliegen diesem Angriff, auch Bleiglas und Schmelz (Griffiths), entglaste wie nicht entglaste (Pelouze). Es scheint viel auf die Darstellung und das Verhältniss der Bestandtheile anzukommen. Der Grund, warum das Glas im gepulverten Zustande ungleich stärker angegriffen wird, liegt theils in der bedeutenden Vergrösserung der Angriffsfläche, theils in der grösseren Härte der natürlichen Oberfläche. Zuweilen scheinen einzelne Glassorten fast gänzlich zu widerstehen; zerriebenes Spiegelglas gab mit Wasser gar keine Reaction und nach 48stündiger Digestion mit Wasser noch keinen bestimmbaren Rückstand (Meyer und Brazier). — Glas, welches lange auf dem Grund eines Sees (Bingley), sowie unter der Erde gelegen **) (Hausmann) giebt unter Aufnahme von Wasser alles

*) Nach der Analyse bestanden diese Proben aus:

	Kieselerde	Natron	Kalk	Manganoxyd	
a)	72,1	12,4	15,5	Spur	= 100 Gew.-Thle.
b)	77,3	16,3	6,4	Spur	= 100 „ „

**) Die Beobachtung, dass solches Glas aus einer Tiefe von drei Meter, unmittelbar nach dem Ausgraben weich, biegsam, knet- und schneidbar an der Luft wieder erhärtet (Colladon), bedarf der Bestätigung.

Alkali ab und verwandelt sich in eine perlmutterartige Masse. Eine vergleichende Analyse des unveränderten (*a*) und veränderten Theils (*b*) eines solchen Glases aus den Katakomben von Rom ergab in 100 Theilen:

Verhalten zu Wasser;

	Kieselerde	Kalk	Bittererde	Natron	Kali	Eisenoxydul	Thonerde	Wasser
a)	59,2	7,0	1,0	21,7	3,0	2,5	5,6	—
b)	48,8	11,3	6,8	—	—	11,3	3,4	19,3

(Geuther). — Wie die Zeitdauer, so steigert auch eine über den Siedepunkt hinausgehende Temperatur in der Regel die Wirkung des Wassers. Ein Manometerrohr in einem Hochdruck-Dampfkessel war (bei 1,5 bis 2 Atmosphären Druck) auf 2 Mm. seiner Wandstärke in eine undurchsichtige, milchige Masse von der Consistenz des Stearins verwandelt (Lenssen). Dampf oder Wasser von 400° verwandelt das Glas in eine aufgeschwollene, kaolinartige, fast nur aus Krystallen bestehende Masse (Daubrée). Dagegen nahm Wasser von 140° bis 180° bei Gegenwart von organischer Substanz in geschlossenen Glasröhren nur unbedeutend Alkali auf (Deville).

zu chemischen Agentien.

Aetzende Alkalien greifen das Glas mit natürlicher Oberfläche namentlich in concentrirter Lösung stark an, indem sie Kieselerde aufnehmen. Mineralsäuren sind im Allgemeinen von schwächerer Wirkung; Salpetersäure, Salzsäure in solchem Glas gekocht, hinterlassen nach dem Verdampfen einen Fleck. Die Säuren entziehen dem Glas die Basen (bei Flintglas nur Kali kein Bleioxyd, Griffiths) unter Ausscheidung von gallertiger Kieselerde. Dieser Angriff, in der Regel unbedeutend, kann sich in einzelnen Fällen so steigern, dass Flaschen von Schwefelsäure durchgefressen (Dumas), selbst von Wein (verdünnter Weinsäure) stark angefressen werden (Warington). Zerriebenes Glas mit Salzsäure geschüttelt gab 2 bis 3 Proc., damit gekocht 5 bis 6 Proc. ab.

Ammoniaksalze mit starken Mineralsäuren greifen Glas an (Sillimann, Marchand). Kohlensaures Natron verstärkt den Angriff des Wassers (Barral); auch kohlensaures Ammoniak (Barral, Griffiths), wie die der Luft der Stallungen ausgesetzten Fensterscheiben lehren. Glaspulver mit schwefelsaurem Kalk gekocht giebt schwefelsaures Natron (Pelouze). Schwefelsaures Zink in Lösung mit dem Glas erhitzt, ertheilt ihm die Eigenschaft, beim Erhitzen trüb zu werden, wenn es dafür empfänglich (Vogel und Reischauer). Lösungen von phosphorsaurem Natron fressen öfter die Flaschen an (Weber).

Glasgefässe.

Für Gefässe von gutem weissem Glas ergaben sich für die analytische Chemie folgende allgemeine Züge des Verhaltens. Die stärkste Wirkung und zwar schon in geringer Menge, besitzen die Alkalien; die meisten Säuren greifen im verdünnten Zustande das Glas schwächer an als Wasser, nur die Schwefelsäure stärker. Bei den Salzen ist die Wirkung auf Glas wesentlich von der Säure abhängig: wenn diese mit dem Kalk schwer- oder unlösliche Salze bildet (wie schwefelsaure, phosphorsaure, kohlensaure und oxalsaure Salze), so greifen die Salze das Glas stärker an; ist die Säure der Art, dass sie mit dem Kalke leicht lösliche Verbindungen giebt (wie Salzsäure, Salpetersäure), so greifen die Salze nur schwach

an: der Angriff ist im Allgemeinen bei neuen Glasgefässen etwas stärker und nimmt mit dem Gebrauch entsprechend ab; er wächst mit der Ausdehnung der der Flüssigkeit gebotenen Oberfläche, wird aber am meisten durch die Temperatur bestimmt, mit der er rasch ab- und zunimmt (Emmerling).

Materialien.

Sand und Quarz.

Sand. Das gewöhnlichste Material in der Glasfabrikation zur Beschaffung der Kieselerde ist der Sand, hier immer als reinerer Quarzsand zu verstehen. Als ein vom Wasser mehr oder weniger fortgeschlemmtes und wieder abgesetztes Verwitterungsprodukt quarzhaltiger Gesteine hat dieser Quarz mannichfache Veränderungen erlitten, die dem Glasmacher theils von Vortheil, theils von Nachtheil sind. Die Zertheilung in kleine Körner überhebt einer weiteren mechanischen Zerkleinerung; seinem Korne nach kann der Sand ohne weiteres verwendet werden. Mit der Fortführung der Quarzkörner durch das Wasser und mit ihrer Niederschlagung als Sand hat dieser Rohstoff eine natürliche Aufbereitung und dabei eine Reinigung erlitten von groben Beimengungen, die sich früher, und von feinen leichter aufschwemmbaren Theilen, die sich später abgesetzt haben. Dieser Aufbereitungsprocess ist nur selten bis zur Vollkommenheit gediehen, meist aber auf einer Stufe stehen geblieben, die den Werth des Materials wesentlich bestimmt; nicht minder können einem bereits zu einer gewissen Reinheit gelangten Sande in der Folge wieder fremde Stoffe durch das Wasser beigemischt sein. Thon und Eisenoxyd, dann Kalk und endlich organische Substanzen werden am häufigsten im Sande angetroffen werden und ertheilen ihm verschiedene Färbungen. Die thonige Beimengung macht den Sand strengflüssiger und verursacht insofern einen grösseren Aufwand von Alkali, aber ohne der Farbe des Glases zu schaden; das Eisenoxyd giebt dem Glas einen grünen, unter Umständen auch braungelben Ton, macht es aber leichtflüssiger; der Kalk, ohnehin bei den meisten Gläsern ein regelmässiger Zusatz, ist insofern unschädlich, nur ist sein Betrag, wenn erheblich, in Abrechnung zu bringen. Organische Bestandtheile, obwohl sie in der Hitze zerstört werden, können Unreinheit der Farbe verursachen, die man wieder durch besondere Handgriffe und Mittel zu beseitigen hat.

Aus allen diesen Gründen ist eine künstliche Reinigung des Sandes in vielen Fällen geboten und rathsam, weil im Ganzen die dazu erforderlichen Hülfsmittel einfach und wenig kostspielig sind. Dahin gehört zunächst das Waschen des Sandes. Mit vielem Wasser aufgerührt, hinterlassen die meisten Sandarten nach dem Absitzen eine schmutzig trübe Flüssigkeit, die erst nach mehrmaliger Wiederholung rein erscheint. Natürlich lassen sich durch Waschen nur die losen, lockeren und aufschwemmbaren Theile beseitigen, nicht die dem Sande fest anhaftenden. Zur Entfernung des in

diesem Zustande vorhandenen Eisenoxyds, ist man öfter zum Waschen mit verdünnter Salzsäure oder Schwefelsäure geschritten. Es ist dies in der Regel ein gutes, aber auch ein umständliches und schon kostspieligeres Mittel, welches überdies die vollständige Befreiung des Eisens keineswegs immer gewährleistet, denn es kommen mit dem Sande auch zuweilen dichte, nicht abschlemmbare, in der Säure nicht lösliche, das Glas stark verunreinigende Mineraltheile in Körnern vor. **Sand.**

Auch die Sandkörner selbst sind in ihrem Innern, in ihrer eigenen Masse keineswegs immer frei von fremden Einmischungen, die natürlich dem Waschen entgehen, wie schon aus der sehr verschiedenen Färbung des Sandes, auch des gereinigten, hervorgeht. Manche Arten, namentlich kalkschüssige, sind blendend weiss, andere gelblich, noch andere und zwar die meisten braun, wieder andere grünlich. Sand mit auffallend verschiedenartig gefärbten Körnern ist immer verdächtig.

Mikroskopische Untersuchung des Sandes giebt in der Regel gute Aufschlüsse und Anhaltspunkte über seinen Werth. Viele Glasmacher unterscheiden in dieser Beziehung den sogenannten „*krystallinischen*“ Sand, als den für das Glas geeignetern, der weniger Alkali beim Schmelzen erfordert, vom „*amorphen*“ Sand, der sich weniger gutartig verhält und mehr Alkali erfordert. Schwerlich sind die Bezeichnungen krystallinisch und amorph im wissenschaftlichen Sinne zu nehmen; sie beziehen sich wohl nur auf die Gestalt des Korns. Dass Sand von geschlossenem, rundlichem groben Korn sich langsamer und unter stärkerer Verflüchtigung von Alkali auflöst, als solcher von feinerem und scharfem Korn, ist einleuchtend, doch mögen fremde Beimengungen dabei mit im Spiel sein.

Nicht selten wird der Sand durch vorhergehendes Ausglühen zum Verschmelzen vorbereitet, weil man gefunden haben will, dass er sich dann leichter löst. Die Thatsache ist — aus gleichen Gründen wie beim Quarz — nicht wohl zu läugnen, und da jede Abkürzung der Schmelzung eine Ersparniss nicht bloss an Brennstoff, sondern auch an Alkali ist, so mag das Ausglühen oft vortheilhaft sein.

Beim Graben des Sandes ist nicht zu übersehen, dass die Beschaffenheit der Sandlager in den verschiedenen Schichten und Tiefen gewöhnlich ungleich ist, daher öfter nachgesehen und untersucht werden muss.

Im Ganzen genommen ist die Beschaffung eines guten brauchbaren Sandes bei den vielen Wechselfällen keine leichte, wohl aber eine wichtige und für die Güte des Glases, namentlich des feinen, wesentliche Sache. Es begreift sich, warum man ein solches Material nicht selten mit grossen Opfern bezieht, weite Frachten nicht scheut. Englische Glashütten haben schon Sand als Schiffbalast von Australien bezogen; für die Aachener Spiegelfabrik gewinnt man den Sand bergmännisch bei Herzogenrath.

Die Anwendung von Sandstein statt Sand ist misslich und kommt nur ausnahmsweise vor. Der Sandstein muss mürbe, leicht zu mahlen sein; kieselige Bindemittel machen das Material zu hart, thonige zu **Sandstein.**

strengflüssig, eisenhaltige schlecht in der Farbe. Es bleiben nur etwa Sandsteine mit kalkigem Bindemittel für kalkhaltiges Glas.

Feuerstein. Ein ziemlich reines Material für Kieselerde liefert der gewöhnliche Feuerstein; etwas organische Substanz (etwa 1 Proc.), die ihn grau, braun oder schwarz färbt, aber durch Brennen zerstört wird und Kalk, mit welchem die Rinde durchdrungen ist, dann etwas Thonerde und Eisenoxyd (je $^1/_4$ Proc.), sind die fremden Beimengungen. Die Anwendung der Feuersteine (flint) hat dem Flintglas den Namen gegeben. Heutzutage hat sie so gut wie aufgehört, denn der Feuerstein, nur der Kreide und dem Jura angehörig, findet sich vor allen Dingen nur bei wenigen Glashütten und steht auch bei diesen dem Sand nach, insofern er erst mühsam und mit Kosten zerkleinert werden muss.

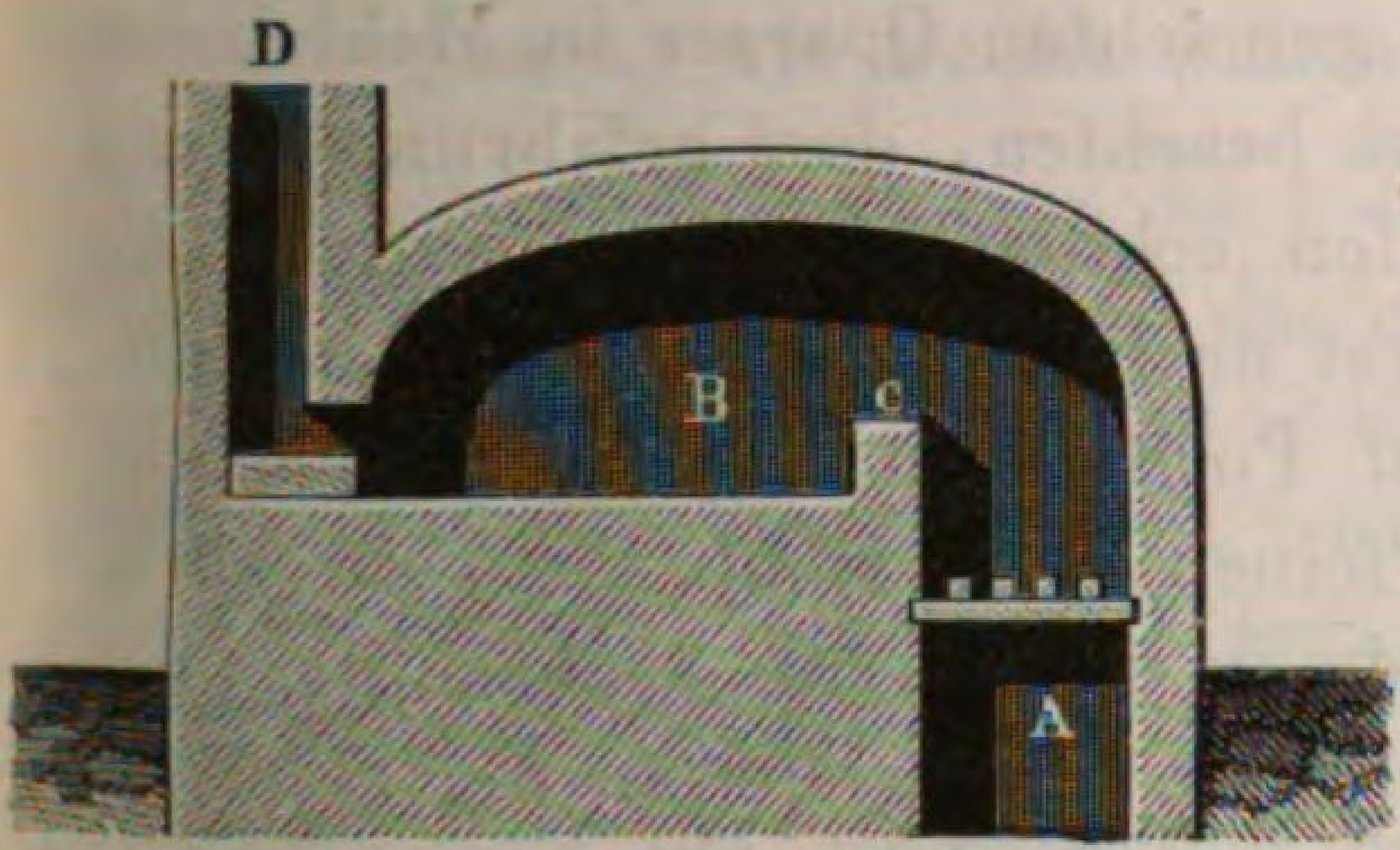
Milchquarz. Als anstehendes Gestein findet sich der Quarz in mehreren Formen. Der Kieselschiefer, der Mühlsteinquarz und die Quarzite verschiedener Art sind durch die vielen Mineralbeimengungen zu unrein, unverlässig und darum vom Gebrauch zu Glas ausgeschlossen. Selbst die Quarze, die als porzellanartige undurchsichtige Masse, „*Milchquarz*", namentlich in Gängen von ungeheurer Ausdehnung vorkommen (der „*Hohen-* und *Borstein*" im Odenwald, der „*Schneisel*" im Hundsrück; der „*Pfahl*" 30 Stunden Wegs lang im bairischen Walde u. s. w.), geben aus gleichem Grunde der Verunreinigung ein mittelmässiges, meist schlechtes Material. Die davon abstammenden Geschiebe und Gerölle aus Quarz, wie sie häufig aus Bächen und Flüssen in pfundschweren Brocken abgesetzt werden, sind namentlich häufig mit braunen und rothen Eisenoxydadern durchsetzt. Den Kosten des Sammelns und Ausklaubens, sowie des unerlässlichen Brennens und Mahlens gegenüber, ist der Sand in der Regel meist vorzuziehen.

Rosenquarz. Ein treffliches leider nur selten zu habendes Material ist der durchsichtige Quarz, wie er in den meisten Glashütten des bairisch-böhmischen Waldes verwendet wird. Ein Vorberg der höchsten Erhebung dieses Gebirges (des Arber), ist der „Rabenstein" bei Zwiesel. Wie im ganzen Kamm, so durchbricht auch dort den Gneis ein aus der Tiefe aufsteigender durch Tagebau zugänglicher Stock von Granit. Der Granit an dieser Stelle ist durch zwei Umstände in hohem Grade ausgezeichnet: durch den fast gänzlichen Mangel an Glimmer, auf verschwindende unbedeutende Nester beschränkt; dann durch eine kaum glaubliche Ausbildung des Korns der beiden übrigen Gemengtheile, des Feldspathes und des Quarzes. Sie bilden in ziemlich gleichem Umfang und ziemlich gleicher Vertheilung mosaikartig an einander gefügte Massen von durchschnittlich 10 Centner Gewicht. Durch Bohrlöcher und Schiessen gesprengt und von einander getrennt, wird der Feldspath an Porzellanfabrikanten u. s. w., der Quarz an die Glashütten versendet. Er bildet grosse, klare aber schön rosenroth gefärbte Blöcke (Rosenquarz), fast chemisch rein und giebt ein fast ebenso edles Glas, als Bergkrystall. Man hat die Farbe verschiedenen Ursachen zugeschrieben: nach Fuchs

soll sie von Titanoxyd (1 bis 1,5 Proc.), nach Anderen von etwas Manganoxyd, nach **Berthier** endlich von einer organischen Substanz herrühren. Gewiss ist, dass die Farbe am Licht allmählich bleicht, beim Brennen verschwindet und an das Glas nicht übergeht. Quarz;

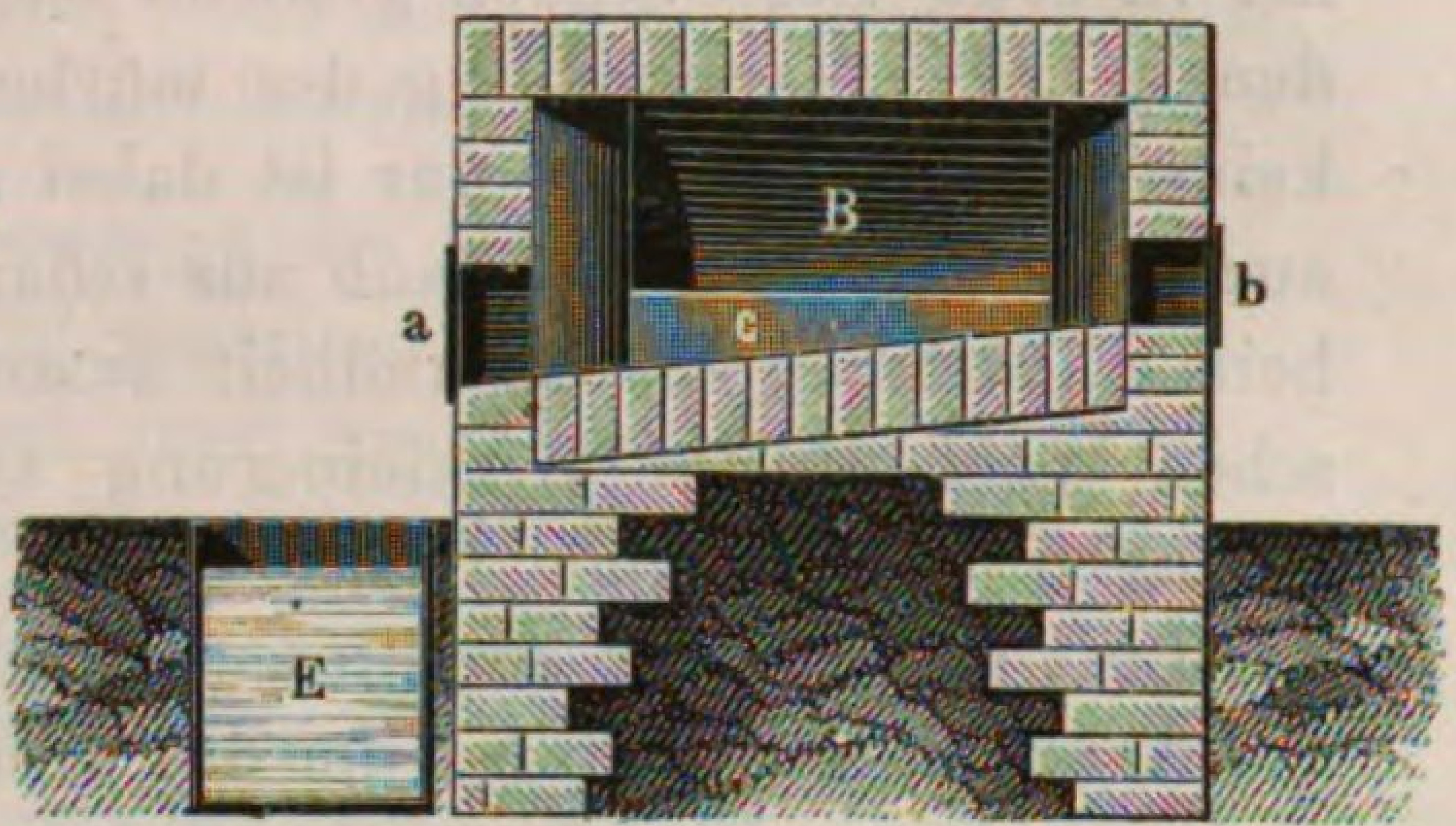
Dieser böhmische Quarz, wie alle derben Quarze, Feuerstein u. s. w., muss vor der Anwendung zerkleinert und in Mehl verwandelt werden. Bei Glühen und Zerkleinern.

Fig. 2.



Durchschnitt nach M N.

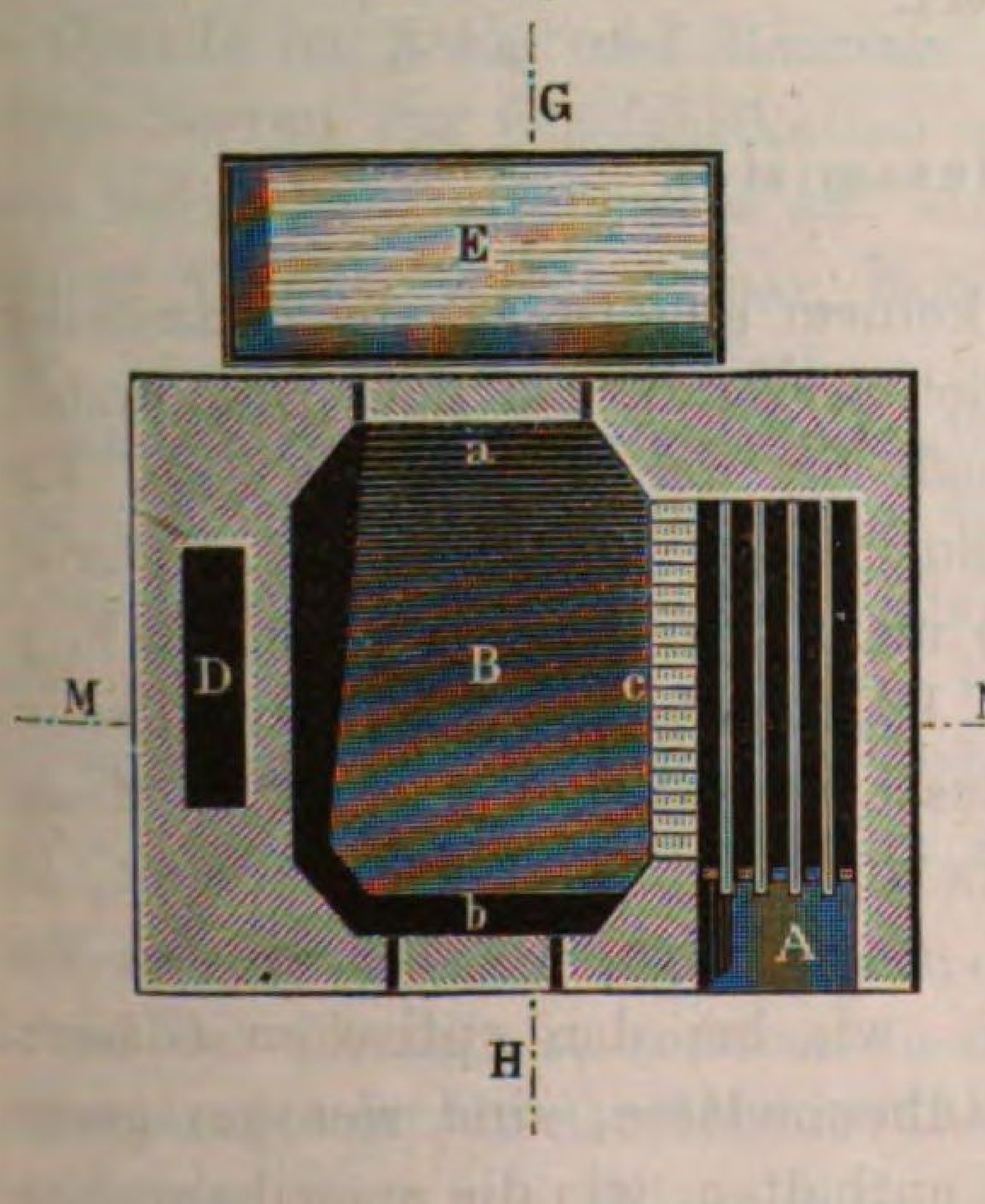
Fig. 3.



Durchschnitt nach G H.

der grossen Härte dieser Materialien ist es von jeher üblich gewesen, dieselben erst durch Glühen und Abschrecken in Wasser mürbe zu machen. Schon durch Glühen in der Rothglut erleidet der Quarz tiefgehende Veränderungen in seinem Molekularzustand: auch der durchsichtige Quarz wird blind zu einer weissen Masse, wie Schwerspath; viele Arten gehen dabei auf, quellen auf von Innen aus *), reissen mit klaffenden Rissen. Alle Quarze werden durch das Glühen, namentlich aber glühend in Wasser abgelöscht, mürbe und zerreiblich. Die gewöhnliche Einrichtung dazu erhellt aus den Fig. 2, 3 und 4.

Fig. 4.



A ist die Feuerung, deren Flammen durch die in dem überwölbten Raum *B* aufgestapelte Beschickung von Quarzbrocken hindurch nach dem Kamin *D* geht. Das

*) Dieses Aufquellen ist wohl durch Uebergang der Kieselerde aus einem allotropischen Zustand in den andern zu erklären, in denen sie bekanntlich verschiedene Dichte besitzt (specif. Gewicht der krystallinischen Kieselerde = 2,60 bis 2,66; der amorphen = 2,10 bis 2,20).

Zerkleinern des Quarzes. Eintragen des Quarzes geschieht durch die Thür *b*; durch Oeffnen der Thür *a* stösst man den rothglühenden Quarz über die geneigte Sohle und stürzt ihn in den Trog mit Wasser *E*; *c* ist die Feuerbrücke. — Im bairischen Wald sind die Oefen meist noch roher, die Feuerung unter der Sohle, die Flamme schlägt durch einige Löcher in den Raum mit Quarz, wo man ihr überlässt einen Ausweg zu suchen, da ein Kamin nicht vorhanden ist. Statt dass eine Beschickung von 50 bis 100 Centner in etwa vier Stunden glühend ist, braucht man oft 12 bis 18 Stunden. — Die Verwandlung des mürbe gemachten Quarzes in Mehl bietet keine Schwierigkeiten, nur ist dabei zu beachten, dass erfahrungsmässig auch der feinste Quarzstaub aus scharfen eckigen Theilchen besteht, die beim Einathmen der Gesundheit äusserst nachtheilig sind. Die im bairischen Wald übliche Zerkleinerung auf Pochwerken, die bei einer sehr geringen mechanischen Leistung den feinen Quarzstaub fortwährend in die Luft treiben, ist aus diesem Grunde in dem Grade nachtheilig, dass die Arbeiter in der Regel um das dreissigste Lebensjahr an der Schwindsucht sterben. Die Anwendung der Pochwerke ist um so verwerflicher, als die still und staublos arbeitenden Kollermühlen auch mechanisch genommen ungleich zweckmässiger sind. Selbstverständlich sind Läufer und Bodenstein nicht von Eisen, sondern aus einer die Farbe und Güte des Glases nickt benachtheiligenden Steingattung herzustellen. Man befeuchtet das Material gelind, so dass es nicht stäubt, aber auch durch Zusammenballen das Sieben nicht hindert.

Alkalische Flussmittel.

Potasche. Gewisse Gattungen Glas sind mit keinem andern Alkali herzustellen als mit Kali; dies ist bei dem böhmischen Krystall, bei dem Bleikrystall, optischen Bleiglas und dem Strass, auch bei der Smalte der Fall. Für diese Gattungen sind die verschiedenen Sorten Potasche das Material, die ein sehr weisses Glas giebt, um so mehr, je reiner sie ist, d. h. je ausschliesslicher sie aus kohlensaurem Kali besteht. Das schwefelsaure Kali reichlich in den gewöhnlichen Potaschen enthalten, wirkt in dieser Beziehung ungünstig. Wo es besonders auf Farblosigkeit ankommt, ist daher gereinigte Potasche zu nehmen, namentlich, wo die Kosten des Materials wenig in Betracht kommen, wie bei den optischen Gläsern. Natronhaltige Potaschen, wie die aus Rübenmelasse, sind weniger geeignet; ebenso Potaschen, die viel Aetzkali enthalten, wie die amerikanischen, weil dieses viel weniger feuerbeständig als das kohlensaure Kali und die Gefässe stärker angreift. — Der Salpeter, den man eigentlich nur als Reinigungsmittel verwendet (s. u.), liefert ebenfalls einen Theil des Kalis und zwar im reinsten Zustande.

Soda. Schon in den ältesten Zeiten als Material zu Glas verwendet, ist die Soda auch noch heut zu Tage das wichtigste Alkalimaterial für die Glasgattungen des grossen Verbrauchs. Für die besseren Glasgattungen, für

weisses und halbweisses Hohlglas, giebt man der künstlichen Soda nach Leblanc's Verfahren, wegen des hohen Gehalts an kohlensaurem Natron, wegen ihrer Reinheit und viel grössern Gleichmässigkeit des Bestandes allgemein den Vorzug. Für feinere Glassorten pflegte man besonders raffinirte und hochhaltigere Soda anzuwenden, was wohl kaum noch irgendwo der Fall sein dürfte; denn für ganz feines, d. h. Krystallglas verschiedener Gattungen, sind Natronsalze überhaupt nicht geeignet, und für mittelfeines Glas und weisses Hohlglas ist calcinirte Soda der gewöhnlichen alkalimetrischen Grade, wie sie die Sodafabriken liefern, völlig ausreichend. Soda.

Das kohlensaure Natron ist keineswegs das einzige für die Glasbildung anwendbare Natronsalz; das Chlornatrium und das schwefelsaure Natron sind ebenfalls hierher zu zählen, aber ihre Anwendung bietet ungleich grössere Schwierigkeiten. Bei dem Chlornatrium ist es der Mangel an Feuerbeständigkeit, mit dem man zu kämpfen hat; schon bei der Rothglühhitze, also unterhalb der Temperatur der Glasbildung, flüchtig, hält dieses Salz der zersetzenden Kieselerde nicht Stand. Der entweichende Dampf des Chlornatriums ist nicht bloss Verlust an Alkali für das Glas, sondern zugleich ein grosser Schaden für den Ofen. Unter Mitwirkung des Wasserdampfs in der Flamme zersetzt sich das Chlornatrium mit den Bestandtheilen des feuerfesten Thons zu Chlorwasserstoff und zu Natron. Indem der Thon dieses letztere begierig aufnimmt, bildet er eine schmelzbare Masse, die Wände werden stark angegriffen. Aus diesem Grunde ist Koch- und Steinsalz wenig, meist nur beiläufig und für geringe Sorten zur Glasfabrikation zugezogen. Doch ist die Benutzung dieses billigsten Natronsalzes auf einem geeigneten Wege immerhin eine wichtige Aufgabe. Rührt man Kochsalz im Flammofen bei der Temperatur, bei der es eben schmilzt, sich also noch sehr wenig verflüchtigt, mit Sand zusammen, so entsteht allmählich in der dünnfliessenden Salzmasse eine dicke, zähe, sich ziehende Masse, ein unvollkommenes Silicat mit viel eingeschlossenem Sand. Durch Ausziehen dieses Produkts, Eintragen von frischem Sand u. s. w., liessen sich beliebige Mengen Natron aus dem Salz in eine vorläufige Verbindung mit Kieselerde bringen und in dieser Gestalt dann im Glasofen verschmelzen. Kochsalz.

Bei dem schwefelsauren Natron liegt die Schwierigkeit nicht in der Flüchtigkeit des Salzes, sondern in der Festigkeit, mit der die Schwefelsäure gebunden ist. In der That ist das zu ihrer Abscheidung an und für sich erforderliche Mass von Hitze, d. i. der Aufwand von Brennstoff und Zeit, sowie die schliesslich doch unvollkommene Bindung des Natrons nicht mit den hüttenmässigen Anforderungen vereinbar. Es ist unerlässlich, das schwefelsaure Natron zugleich mit einem Reductionsmittel anzugreifen, welches sie zersetzt und so ihre Abscheidung unter billigen Bedingungen praktisch ermöglicht. Dieser Körper ist die Kohle, oder organische Substanzen, die in der Hitze Kohle abscheiden. Wie bei der Sodafabrikation (Bd. I. 2. 463) nachgewiesen worden, reducirt die Kohle das schwefel- Glaubersalz.

Glaubersalz. saure Natron zu Schwefelnatrium unter Bildung von Kohlensäure ($NaSO_4 + C_2 = NaS + 2\,CO_2$). Auf 100 Gewichtstheile schwefelsaures Natron würden darnach nahe 17 Gewichtstheile Kohle erforderlich sein; in der Praxis setzt man nicht mehr als 7 bis 8 Gewichtstheile zu. Nach der gewöhnlichen Annahme wird in der Glasfabrikation, unter gleichzeitiger Einwirkung der Kieselerde, das schwefelsaure Salz nur zu schwefligsaurem zersetzt ($NaSO_4 + C = NaSO_3 + CO$), wozu $8^1/_2$ Gewichtstheile Kohle erforderlich wären, was mit der Wirklichkeit stimmt. Die viel flüchtigere und schwächere schweflige Säure wird dann leicht von der Kieselerde ausgetrieben.

Mittelst dieses Kunstgriffs ist es möglich geworden, das natürlich vorkommende oder künstlich bereitete schwefelsaure Natron in weitem Umfang bei der Glasfabrikation zuzuziehen. Schon 1660 wird das Glaubersalz als Flussmittel zu Glas von Kretschmar in Wittenberg erwähnt. Im Jahre 1764 machte der spätere Petersburger Akademiker Laxmann Versuche zur Verwendung des natürlich auswitternden, in Russland unter dem Namen „*Chudshir*“ bekannten Salzes, welches im Wesentlichen aus schwefelsaurem Natron besteht. Diese Versuche führten 1781 auf die Errichtung der Schilkin'schen Glashütte in Nertschinsk, dann 1784 der Barnoff'schen bei Irkutzk auf Betrieb mit Chudshir. Um das Jahr 1796 in Zerfall gerathen, wurde der Betrieb später zum zweiten mal in Sibirien eingeführt. In Deutschland ging die erste Idee, Glas mit Glaubersalz zu schmelzen, am Ende des vorigen Jahrhunderts von v. Baader aus, dessen Versuche unter Zuziehung von Gehlen 1803 zu einem günstigen (von Oestreich mit einer Remuneration von 12000 fl. belohnten) Ergebniss führten. v. Niedermayr, Joris, Scholz, bearbeitet den wichtigen Gegenstand weiter. Heutzutage findet die Anwendung des fraglichen Natronsalzes in den Glashütten in der Ausdehnung statt, dass für manche Gattungen (Tafelglas z. B.) kein anderes alkalisches Flussmittel gebraucht wird. Es ist theils das als Nebenprodukt des Salinenbetriebs u. s. w. fallende schwefelsaure Natron, theils das „Sulfat“ der Sodafabriken, die sämmtlich unter dem Namen „*Glaubersalz*“ in den Glashütten mit Zusatz von Kohle verschmolzen werden. Als solche dient Holzkohle, für geringes Flaschenglas auch Steinkohle und Koke. Die Menge dieses Zusatzes ist schwer zu bemessen: Zu wenig Kohle verzögert und erschwert die Schmelzung und macht Galle, zu viel bewirkt Missfarbe des Glases, die durch sogenannte Entfärbungsmittel beseitigt werden muss. Auch ein richtig berechneter Zusatz gewährt keine volle Sicherheit, weil stets mehr oder weniger Kohle im Zug des Ofens verbrennt. Eine weitere Schwierigkeit erwächst aus dem sehr gewöhnlichen Eisengehalt des Glaubersalzes, der in der Regel einige Tausendstel beträgt und verschlechternd auf die Farbe des Glases einwirkt. Manche Glashütten unterwerfen aus diesem Grunde das Glaubersalz einem Reinigungsprocess, indem sie dies Salz wieder auflösen, das Eisenoxyd mit Kalkmilch ausfällen, nach dem Absitzen des braunen Schlammes und Auswaschen die klare Lauge so versieden, dass sich das gereinigte Salz im

Sieden aussoggt. Auf der Spiegelhütte zu Aachen z B. bringt man so den Eisengehalt von 0,12 bis 0,32 Proc. auf 0,006 Proc. herab, der nach Pelouze sogar 0,001 bis 0,002 Proc. nicht überschreiten soll. Glaubersalz.

In den Sodafabriken wird das Sulfat für die Glashütten meist besonders und zwar in Oefen bereitet, in denen es nicht mit eisernen Sohlplatten in Berührung kommt. Für geringe, ohnehin tiefgefärbte Gläser ist der Eisengehalt natürlich gleichgültig; man verschmilzt dann sogar häufig ganz geringe Sorten, die noch sehr viel überschüssiges Chlornatrium enthalten.

An allen Orten ist das Glaubersalz bedeutend billiger, als die Soda, die daraus bereitet wird; der Preis der letztern ist das 2,5- bis 3fache und darüber. Dagegen kommt aber in Betracht, dass der Wirkungswerth von 3 Gewichtstheilen kohlensauren Natrons eben so gross ist, als der von 4 Gewichtstheilen schwefelsauren Natrons. Ein und derselbe Gehalt an Natron kommt, bei Berücksichtigung des ungleichen Wirkungswerthes, in der Soda immer noch etwa doppelt so theuer, als im Glaubersalz. Das letztere verursacht jedoch längere Schmelzzeit, folglich auch höhere Schmelzkosten. Die Ersparniss im Grossen beträgt z. B. in Aachen auf 1 Centner Glaubersalz 1 Thlr. 18 Sgr. (der Centner 90grädige Soda zu 6 Thaler, Glaubersalz zu $2^1/_2$ Thaler gerechnet), für 1 Tag etwas über 48 Thaler, einschliesslich der Kosten des Raffinirens und ausschliesslich der grösseren Schmelzkosten.

Kalk.

Die Beschaffung eines geeigneten Kalkes bietet wenig Schwierigkeiten. Kalksteine sind um so besser, je reiner sie sind und gelten in dieser Hinsicht die nemlichen Gesichtspunkte wie bei der Sodafabrikation (Bd. I. 2, 411). — In Bezug auf die Vorbereitung verfährt man nicht überall gleich. Der kohlensaure Kalk besitzt bekanntlich die Eigenschaft, in glühend flüssigen alkalischen Salzen (kohlensauren, schwefelsauren Chlorüren) sich rasch und leicht aufzulösen. Insofern ist die Zerkleinerung des Kalksteins zu Mehl mindestens keine unerlässliche Bedingung. In der That begnügt man sich zuweilen, wie in englischen Spiegelhütten, den Kalk grob zu zerschlagen, etwa wie zum Ueberfahren der Kunststrassen. Man kann sicher sein, dass der Kalk sich längst aufgelöst hat, wenn die Temperatur bis zur beginnenden Glasbildung gestiegen ist. Am gewöhnlichsten nimmt man gelöschten oder an der Luft zerfallenen Kalk in trockenem Zustande.

Bleiische Flussmittel.

Ausser dem sogenannten Flintglas und dem Strass, welche der starken Lichtbrechung wegen mit Bleioxyd geschmolzen werden, ist es auch das Krystallglas der mit Steinkohlen betriebenen Hütten, in denen dieses Oxyd als wesentlicher Bestandtheil auftritt. Die im Grossen gewonnenen

und im Handel vorkommenden bleiischen Produkte, mit denen Glas geschmolzen werden kann, sind: Glätte, Massikot, Bleiweiss und Mennige.

Mennige. Man bedient sich ausschliesslich der letztern, und zwar für den vorliegenden Zweck aus den reineren Bleisorten dargestellt. Es ist namentlich Kupfer und Eisen, die aus dem Blei in die Mennige als Oxyd übergehen. Eisenoxyd, auch Bolus und Ziegelmehl werden oft in betrügerischer Absicht zugesetzt. Es hat daher manches für sich, wenn die Glashütten die Mennige selbst bereiten, aber auch in diesem Fall kann der Werth des Produktes noch verschieden ausfallen. Durch Behandeln des Bleies in der Hitze unter Zutritt der Luft entsteht zunächst gelbes Bleioxyd oder „*Massikot*" Die Temperatur ist auf dem passenden niedern Grad zu erhalten, bei dem das Oxyd nicht schmilzt. Das gelbe pulverige Bleioxyd geht dann in einer zweiten Calcination unter gleichen Bedingungen in das hochrothe Bleioxyd, die „*Mennige*", über, aber sehr allmählich und langsam und unvollständig. Die Mennige, wie sie im Grossen erhalten wird, ist daher stets ein Gemenge von dem rothen Oxyd (Pb_3O_4) mit noch überschüssigem gelbem Bleioxyd. Die reine rothe Verbindung zerfällt bekanntlich mit Säuren: gewöhnliches Bleioxyd tritt an die Säure, während braunes Bleiüberoxyd als Rückstand bleibt; in höherer Glühhitze zerfällt sie in Sauerstoff und Bleioxyd. Bei der im Grossen dargestellten Mennige ist die Menge des Bleioxyds, die sie im Glühen liefert, also auch beim Schmelzen an das Glas abgiebt, zwar einigermassen, aber doch nur in sehr engen Grenzen wechselnd, wegen der Beimischung von unzersetztem Massikot. Selbst nach acht Feuern enthielt eine Mennige aus Massikot noch über 25 Proc. unverändertes gelbes und kaum 75 Proc. rothes Oxyd. Diese unvollkommenere Oxydation fällt wenig ins Gewicht bezüglich der Menge Bleioxyd, welche die Mennige liefert, weit mehr in Bezug auf den dabei entwickelten Sauerstoff. Jene Mennige mit 25 Proc. Massikot giebt nur 0,6 Proc. Bleioxyd mehr als die reine Verbindung Pb_3O_4; dagegen entwickelt jene nur 1,7 Proc., diese über 2,3 Proc. Sauerstoff. Diese Sauerstoffentwicklung ist aber keine Nebensache und dient wesentlich dazu, dem Glas eine reinere Farbe zu geben (siehe Entfärbungsmittel).

Sonstige Materialien.

Zinkoxyd. Zu optischem Glas ist Zinkoxyd statt Bleioxyd vorgeschlagen und versucht worden. Jenes wird als billiger, leichter rein zu erhalten empfohlen und soll ein rascher läuterndes und der Hitze besser widerstehendes, aber leicht gelb werdendes Glas liefern (Newton). Solche Gläser von Maës in Clichy mit 14 Proc. Zinkoxyd neben 4 Proc. Bleioxyd waren auf der letzten Londoner Industrieausstellung zu sehen. Statt Zinkoxyd soll auch Zinkblende (Schwefelzink) mit Glaubersalz anwendbar sein, wobei Natron, Zinkoxyd und schweflige Säure entstehen ($3\,NaO, SO_3 + ZnS = 3\,NaO + ZnO + 4\,SO_2$). Das Brechungsvermögen des zink-

haltigen Glases ist bedeutend geringer, als das des bleihaltigen und für optische Zwecke nicht hinreichend.

Ebenso ist zu optischen Gläsern und zu Strass auf das Thalliumoxydul aufmerksam gemacht worden, insofern solches Glas ein höheres specifisches Gewicht (= 4,235) und einen höheren Brechungsindex für den gelben Strahl (1,71) besitzt als jedes andere Glas. Proben aus Sand, Mennige und kohlensaurem Thallium geschmolzen, fielen leicht schmelzbar, völlig homogen (?), aber von gelblicher Farbe aus (Lamy). Diese Farbe soll von einem geringen Gehalt von Trioxyd des kohlensauren Salzes herrühren, während das schwefelsaure Salz ein farbloses Glas gebe (Schrötter). Thalliumoxyd.

Schon Berthier, dann Baudrimont, noch später Pelouze, wiesen auf die Barytverbindungen für die Glasfabrikation hin, namentlich auf die schätzbare Dichte, Reinheit der Farbe und die Leichtflüssigkeit des Barytglases. Kieselsaurer Baryt ist zwar für sich nicht leicht schmelzbar, aber in Gemengen; ein Glas aus 39 Proc. Baryt und 14 Proc. Kalk ohne alles Alkali schmolz im Spiegelglasofen (Peligot). Kohlensaurer Baryt ist als Kunstprodukt zu theuer, als natürliches zu unrein. Dagegen ist Schwerspath mit Kohle recht brauchbar, giebt viel Glanz und erspart wegen Leichtflüssigkeit des Glases an Alkali. Das Glas ist etwas weich. Insofern die gewöhnlichen Artikel aus Glas (Hohlglas) zu schwer und zu theuer im Transport werden, wird die Anwendung des Baryts immer eingeschränkt bleiben *). Baryt.

Kryolith (Bd. I. 2. 471) soll mit dem 2- bis 4fachen Gewicht Quarz ein gutes form- und schleifbares Glas liefern. — Eine Gesellschaft von Unternehmern in Amerika hat vor einigen Jahren eine Anstalt begründet zur Verarbeitung des Kryolith auf eine Art Glas, die sie „*hot cast porcelaine*" nennen. Wie schon der Name andeutet, ist dieses (nach Williams mit einem Zusatz von Zinkoxyd hergestellte) Product eine Art Milchglas. — In Schlesien wird schon seit Mitte der sechziger Jahre an die Glashütten Kryolith als „*Milchglascomposition*" verkauft (Weisskopf). — Auch das in den Sodafabriken aus Kryolith abfallende im Wesentlichen aus Fluorcalcium mit einigen Procenten kohlensaurem Natron bestehende Nebenprodukt, soll mit Vortheil und unter Ersparniss von Glaubersalz zu Tafelglas gebraucht werden können; in einem Satz mit 35 bis 38 Gewichtstheilen Glaubersalz liessen sich 13 bis 14 Gewichtstheile dieses letztern durch ihr gleiches Gewicht Kryolith ersetzen (Richters). Kryolith.

Borax und Borsäure sind versuchsweise, so zu optischen Gläsern von Maës, zur Anwendung gekommen, die sich angeblich durch grosse Klarheit und Härte auszeichnen. — Borax mit Thonerde ohne alle Kieselerde, gab nach Versuchen im Kleinen klare, farblose, sehr harte und stark lichtbrechende Flüsse (Reinsch). — Ebenso hat man Zusatz von Borax und Borsäure. Thonerde.

*) Döbereiner hatte seiner Zeit den Cölestin (schwefelsauren Strontian) empfohlen.

Thonerde zu den mit Baryt geschmolzenen sehr weichen Gläsern empfohlen, um ihnen mehr Härte zu geben (Jeanne).

Holzasche. Glasgattungen, bei denen es nicht besonders auf Reinheit der Farbe ankommt, z. B. gewöhnliches Flaschenglas, pflegt man mitunter unmittelbar aus Holzasche (I. 2; 240), auch wohl aus dem Rückstand vom Auslaugen derselben (I. 2; 250 und 634) in der Potasche- und Laugengewinnung zu schmelzen. Bei ihrem Gehalt an Alkali, an Kalk, Bittererde, Eisenoxyd etc. stellen sie eine Mischung vor, deren Gehalt an Kieselerde man nur zu erhöhen braucht, um eine zu Glas schmelzbare Masse zu erhalten. In ähnlicher Weise sind manche Schlacken von metallurgischen Processen, Lehm, Schlamm. Thon und Kalk haltender Schlamm von Flüssen und vom Meeresufer, aber auch verschiedene Felsarten zum Glas verwendbar. Es sind namentlich Gesteine. Basalte, Klingstein, vulkanische Gesteine, die man zu Glas benutzt hat, ferner Granite, im Allgemeinen kieselerdehaltige Gesteine mit mehr oder weniger hervortretendem Gehalt an Alkali. Die Basalte sind Gemenge von Silicaten und zwar von in Säuren aufschliessbaren wasserhaltigen nach Art der Zeolithe, von schwerer aufschliessbaren (wie Olivin) und von in Säuren gar nicht aufschliessbaren Theilen (wie Magneteisen, Augit). Sie enthalten neben Kieselerde viel Thonerde, viel Eisenoxydul, ziemlich viel Kalk und Bittererde und 4 bis 6 Proc. Alkalien. Der Basalt schmilzt ohne weiteren Zusatz schon bei mässiger Hitze zu einem fast schwarzen, nur an den Kanten durchscheinendem Glas; der Farbe wegen ist es zweckmässiger, ihn mit Zusätzen zu verschmelzen. Auch die Granite schmelzen noch bei guter Rothglühhitze, aber mit hellerer Farbe. Als Gemenge von Feldspath, Quarz und Glimmer enthalten sie viel Thonerde, viel Alkali, wenig Eisen und Kalk und geben mit Zusatz von weiterem Kalk und Alkali brauchbare Grüngläser. In Dorpat hat man mit Vortheil einen Granit mit 9,2 Procent Alkali in dieser Weise versucht (Benrath).

Glasbrocken.

Zu den Materialien der Glashütten gehören noch als etwas sehr wesentliches die Glasbrocken. Es sind dies zunächst die Abfälle der Glashütte selbst: Bruch der Glashütten; die nach dem Verarbeiten in den Häfen bleibenden im Wasser abgeschreckten Glasreste; Abschnitzel und das an den Pfeifen haftende; endlich das im Ofen verzettelte sogenannte „*Heerdglas*“. Einen grösseren Betrag bildet das Bruchglas, was die Hütten in den Haushaltungen, Magazinen und Orten der Umgegend sammeln lassen.

Man setzt die Glasbrocken nicht bloss als ein von selbst gebotenes billiges Material zu, sondern auch zur Erleichterung des Schmelzens und zur bequemern Auffüllung der Schmelzgefässe, insofern Glasbrocken beim Schmelzen weniger schwinden und zusammengehen als die Mischung zu Glas. Bei der Anwendung der Brocken sind gewisse Vorsichtsmaass-

regeln von grosser Wichtigkeit nöthig. Das Bruchglas soll möglichst frei von äusserlich anhaftendem Schmutz und durchaus von derselben Gattung sein, wie das Glas, dem es zugesetzt wird. Der Abfall der Glashütten entspricht in der Regel diesen Anforderungen von selbst; nur das Heerdglas ist oft zu unrein, mit Kohle, Asche und dergleichen vermengt und wird dann besser zu geringeren Glassorten verwendet. Das ausserhalb der Hütte gesammelte Glas ist sorgfältigst zu waschen und durch Auslesen von Bruchstücken verschiedenartiger Natur zu befreien, die grosse Nachtheile bringen können. Grüne Scherben verderben die Farbe des weissen Glases; strengflüssige Scherben, die sich in der leichtflüssigen Glasmasse nur langsam und schwierig auflösen, ziehen sich gern als Fäden und Schnüre durch die Masse und verderben das Ansehen der Waare. Glasbrocken.

Man will gefunden haben, dass das Glas durch Umschmelzen stets etwas gefärbter und strengflüssiger ausfällt, Nachtheile, die natürlich auch bei der Anwendung von Brocken einigermaassen mit in Kauf gehen, aber ohne die Vortheile zu überwiegen. Der Grund der Erscheinung liegt höchst wahrscheinlich in der Verflüchtigung von Alkali und in der gleichzeitigen Aufnahme der Bestandtheile des Thons der Gefässe, beides Erscheinungen, die beim Schmelzen nie aufhören.

Entfärbungsmittel.

Die mannichfachen Ursachen, die beim Glashüttenbetrieb dahin wirken, die Farbe des Glases und sein Ansehen zu verschlechtern, haben schon sehr früh auf Mittel geführt, um dieses Uebel zu mildern, sogenannte „*Entfärbungsmittel*“. Verschieden wie die störenden Ursachen sind auch diese Mittel und ihre Wirkung. Bei einigen ist die letztere eine chemische, eine Oxydation, bei anderen eine optische, bei noch anderen eine gemischte.

Zu den durch Abgeben von Sauerstoff und durch Oxydation wirkenden Entfärbungsmitteln gehört die Seite 28 besprochene Mennige. Sie bietet den Vortheil, dass ihr Sauerstoff erst bei höherer Temperatur, ähnlich wie bei dem Braunstein frei wird, nicht bei so niederer wie bei Arsenik und Salpeter. Mennige.

Zu den ebenfalls von jeher und vielfach angewendeten Entfärbungsmitteln gehört der „Arsenik“. Man versteht darunter in den Hütten die glasige blind gewordene arsenige Säure, den weissen Arsenik. Unter dem Einfluss der Glühhitze schmilzt die arsenige Säure zu einem durchsichtigen glasartigen Körper und verflüchtigt sich alsbald unzersetzt. Sind leicht oxydirbare Körper zugegen, wie Kohle, Schwefel u. s. w., so giebt die arsenige Säure ihren Sauerstoff ab und metallischer Arsenik (schon bei etwa 300° flüchtig) entweicht als Dampf. Trifft die arsenige Säure mit Körpern zusammen, die geneigt sind, Sauerstoff abzugeben, so bildet sich Arseniksäure (AsO_5), eine Säure von weit grösserer Affinität und Arsenik.

Arsenik. Feuerbeständigkeit. Manche Salze der arsenigen Säure, z. B. die der Alkalien, entwickeln in der Hitze Dämpfe von metallischem Arsenik, während sie sich in arseniksaure Salze verwandeln ($5\,AsO_3 - 2\,As = 3\,AsO_5$). — Der weisse Arsenik dient in den Glashütten als Oxydationsmittel zur Zerstörung der Missfarbe durch Kohle, Rauch u. s. w.; als Reductionsmittel, um die durch Ueberschuss von Braunstein namentlich am Boden der Schmelzgefässe entstehende violette Farbe wegzunehmen; ganz besonders aber durch die sich entwickelnden Dämpfe und Gase zum Aufrühren des Glases. —

In der Regel enthält das mit Arsenik entfärbte Glas nichts mehr von diesem Metall, so fand man Glas mit 2 Proc. (Splitgerber), selbst Glas mit 10 Proc. (Stas) Arsenik geschmolzen, arsenikfrei. — Beim Schmelzen von einem aus 1 Theil Arsenik auf 900 Gewichtstheile Satz, fand man in dem Russ der Rauchcanäle 0,425 Proc. und eine Spur in der Glasgalle, etwas im Hüttenstaub und im Glase selbst 0,029 Proc., oder nahe $^1/_5$ der angewendeten Menge arsenige Säure (Bädeker). Es kann vorkommen, dass der Arsenik als Arseniksäure im Glase bleibt und beim Erkalten dann eine weisse Trübung veranlasst, die sich jedoch durch Reduction (Umrühren mit Holz; Schwefelantimon) leicht wegschaffen lässt. —

Salpeter. Der Salpeter ist als ein starkes Oxydationsmittel seit lange im Gebrauch. Für diejenigen Gattungen des Glases, bei denen es auf besondere Reinheit der Farbe ankommt und das Kali nicht durch Natron ersetzbar ist, nimmt man Kalisalpeter, oder am besten raffinirten Salpeter (Bd. I. 2. 151). Im Uebrigen kann man den Natronsalpeter (daselbst Seite 117) und zwar so wie er im Handel vorkommt, gebrauchen. Er ist für gleiches Gewicht weit billiger und hat ausserdem einen um fast $^1/_5$ grösseren Wirkungswerth. Einige neuere Analysen von Natronsalpeter, die a. a. O. nicht mitgetheilt sind, mögen hier eine Stelle finden.

	Tissandier.				R. Wagner.
Salpetersaures Natron .	97,78	97,47	96,79	96,32	94,03
Schwefelsaures Natron .	0,18	0,20	0,22	0,25	0,92
Chlornatrium	0,99	1,10	1,41	1,60	1,52
Unlösliche Theile . . .	0,07	0,12	0,16	0,15	—
Wasser	0,98	1,11	1,42	1,68	1,36
Rest	—	—	—	—	2,17 *)
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

*) 0,31 salpetrigs. Natron, 0,64 Chlorkalium, 0,93 Chlormagnesium, 0,29 Jodnatrium.

Die Zersetzung des Salpeters beginnt mit Sauerstoffentwicklung, welche eben für die Reinigung des Glases und Beseitigung der Missfarbe durch Kohle, Rauch u. s. w. so wichtig ist. Nach dem Sauerstoff tritt Stickgas auf. Es bildet sich dabei anfangs salpetrigsaures Salz, die Basis, das Kali, geht zuletzt in die Masse des Glases über.

Vielleicht noch viel länger als der Salpeter ist der **Braunstein** (Seite I, 2. 479) bei den Glasmachern (Glasmacherseife) in Gebrauch. Er zerfällt im schmelzenden Glase in freiwerdenden Sauerstoff und ein basisches Oxyd. Es hängt von der Temperatur sowie von der Gegenwart und Mitwirkung von reducirenden Stoffen ab, ob das Mangan dabei als Oxyd oder als Oxydul ins Glas übergeht. Im ersten Fall tritt es mit violetter, amethystrother Farbe, im zweiten Fall mit blasser Rosafarbe auf. Braunstein.

Der Braunstein hat die sehr schätzbare Eigenschaft, die ihn in der Glasfabrikation unentbehrlich macht, die durch Eisengehalt veranlasste blaugrüne Färbung zu mildern oder aufzuheben. In der That, wenn man durch Eisenoxydul grün gefärbtes Glas mit einem andern durch Manganoxyd violett gefärbten Glase versetzt, so wird die Farbe mit steigendem Zusatze heller; ist ein gewisses Verhältniss zwischen dem grünen und violetten Glase erreicht, so zeigt das Mischglas weder die eine noch die andere Farbe (Kohn). Es erscheint nicht farblos, sondern schmutzig halbweiss, wenn die Töne der beiden Gläser vor dem Mischen tief; es erscheint so gut wie farblos, d. h. das unreine Weiss viel heller, wenn die Töne hell waren (Kohn). Diese Art von Erscheinung ist rein optischer Natur, eine blosse Wirkung der complementären Farben, die sich zu weissem Licht ergänzen. Ebenso giebt Rothfeuer mit Strontiansalzen und Grünfeuer mit Baryt, im Gemisch Weissfeuer. v. Liebig, der zuerst die optische Erklärung von der Wirkung des Braunsteins gegeben, ging nicht von dem Oxyd, sondern von dem Oxydul des Mangans aus. Allerdings ist die Rosafarbe des oxydulhaltigen Glases der wahren Complementärfarbe zu dem Grün des eisenhaltigen Glases näher, aber das blosse Schmelzen des Glases mit Braunstein giebt nur oxydhaltiges Glas. Die Umwandlung des Manganüberoxyds in Oxydul setzt die Mitwirkung eines reducirenden Körpers voraus. Früher erklärte man die Wirkung des Braunsteins als eine rein chemische; man nahm an, er verwandle das stark grün färbende Eisenoxydul in sein viel schwächer gelb färbendes Aequivalent Oxyd, indem er dabei zu dem ebenfalls schwach rosa färbenden Manganoxydul reducirt werde. Beide Erklärungen, die optische und die chemische, schliessen sich übrigens einander nicht gerade aus, beide Wirkungsweisen können neben einander gedacht werden bei Ueberschuss von Eisenoxydul. Dass andere oxydirende Zusätze, wie Salpeter, arsenige Säure, eisengrünes Glas nicht entfärben, erscheint begreiflich, insofern sie ihren Sauerstoff früher abgeben, als der Braunstein. Wenn ferner das mit Braunstein behandelte Glas nicht die nach der chemischen Erklärung zu erwartende Farbe zeigt, so kann dies darin liegen, dass man in der Ausübung in der

Regel nicht bis zur völligen Neutralisirung des Grüns geht, sondern sich begnügt, dasselbe bis zur verhältnissmässigen Unschädlichkeit abzuschwächen. Durch Uebersetzung mit Braunstein fällt man leicht in den entgegengesetzten Fehler, das Glas wird dann statt weiss violett, oder bekommt einen braunrothen Stich. — Der Ton, den das Mangan dem Glase ertheilt, blasst durch die Operation des Kühlens etwas ab, was zu berücksichtigen ist. — Von der Veränderlichkeit der Mangan haltigen gefärbten Gläser im Lichte, ist schon oben die Rede gewesen.

Nickel. Auch das Nickeloxyd ertheilt dem Glase einen violetten, aber in's Braune ziehenden Farbenton. Man hat angefangen, dieses Oxyd für sich oder mit Antimon, welche Mischung eine hyacinthrothe Farbe giebt, ähnlich wie Braunstein, als Entfärbungsmittel zu gebrauchen, namentlich bei mit Zink geschmolzenen Gläsern (auf 100 Kilogramme Zinkoxyd 5 bis 7 Gramme Nickeloxyd).

Antimon. Das Antimon ist in vielen Hütten nicht als Entfärbungsmittel, sondern als ein Mittel zur Anwendung gekommen, um dem Glase einen schönen lebhaften Glanz zu ertheilen. Es scheint in der That in diesem Sinne zu wirken. Das eigentliche Material, welches man anwendet, ist das käufliche Schwefelantimon, das Antimonium crudum der Apotheker (durch Aussaigern des Grauspiessglanzerzes). Es enthält stets etwas Eisen und Kupfer. Unter dem Einflusse der Hitze, der Alkalien und der Oxydationsmittel setzt es sich in Sauerstoffverbindungen um, unter Entwicklung von mehr oder weniger schwefliger Säure. Es dürfte zweckmässiger sein, das Schwefelantimon vor der Anwendung auf einen gewissen Grad zu rösten oder als Spiessglanzglas (vitrum Antimonii) anzuwenden. In beiden Fällen hat man ein Gemenge von Schwefelantimon mit etwa 90 Proc. Antimonoxyd. Dies letztere färbt das Glas bei stärkerem Zusatz gelblich.

Hüten und Oefen.

Allgemeines. Das Glas, auf dem Wege des Schmelzens dargestellt, tritt stets als glühendflüssige Masse auf. Nach der herrschenden Betriebsweise dienen dazu besondere bewegliche grosse Schmelzgefässe, die in dem Glasofen, meist zu 6 bis 10 Stück, eingesetzt und erhitzt werden.

Der Hitzgrad zum Schmelzen des Glases geht sehr hoch, bis zur vollen Weissglut auf etwa 2000° C.; die Feuerung dauert ohne jede Unterbrechung Tag und Nacht, viele Monate, so lange bis die Oefen unbrauchbar werden. Dabei ist das Glas, wenigstens zeitweise, dünnflüssig wie Honig. Man hat bis jetzt nur ein einziges Material, welches bei hinreichender Formbarkeit, um Gefässe etc. daraus herzustellen, zugleich der Hitze, sowie der Wirkung des Glases als Flussmittel einigermassen widersteht und bei der hohen Temperatur Flüssigkeit hält: den feuer-

festen Thon. Auch dieses Material ist eben nur unter denen, die überhaupt in Frage kommen können, das bessere, lässt aber immerhin den Anforderungen gegenüber, die man billigerweise stellen muss, noch sehr viel zu wünschen übrig. Schmelzende Alkalien greifen bekanntlich den feuerfesten Thon an unter allmählicher Auflösung; nicht minder thun es die alkalischen Dämpfe, die aus dem Glas aufsteigen; glühender Thon saugt diese Dämpfe vermöge der Verwandtschaft der Kieselerde zu den Alkalien lebhaft auf, bildet damit eine glasartige Masse, die allmählich im Feuer abschmilzt. Je höher der Kieselerdegehalt, um so empfänglicher ist der Thon für den Angriff des Glases und der alkalischen Dämpfe; er widersteht beiden um so besser, je höher sein Thonerdegehalt. Schon die Töpfer wissen, dass der plastische Thon des sich mit Salz glasirenden Steinzeugs 10 Proc. mehr Kieselerde enthält, als der Thon des schlechtglasirenden. Ohnehin giebt ein Uebermass von Kieselerde, von gewissen Temperaturen über der hohen Rothglut an, dem Thon keine grössere Feuerbeständigkeit, es wirkt im Gegentheil und in gewissem Grade als Flussmittel. Feuerfester Thon.

Die starke Schwindung des Thons, die sich theils beim Trocknen, theils beim Brennen vollzieht, ist eine weitere Eigenschaft, aus der leicht, auch bei aller Vorsicht in der Behandlung, Schaden erwächst. Geht das Trocknen ungleich vor sich, an einer Stelle rascher als an der andern, so schwindet jene, während diese unverändert bleibt und nicht nachgiebt, der Gegenstand muss reissen; dasselbe gilt für ungleiche Einwirkung der Hitze. Bei frischem Thon ist die Schwindung so bedeutend und sind die Wechselfälle zu ungleicher Schwindung so gross, dass er für Gegenstände von einiger Masse für sich nicht gebraucht werden kann. Das eigentliche Material, wie es in der Praxis angewendet wird, ist vielmehr stets ein Gemenge von frischem und von gebranntem Thon (der letztere in Form eines gröblichen sandigen Pulvers „*Charmotte*“), d. h. ein Gemenge von Thon, der seine Schwindung schon grösstentheils oder ganz gemacht hat, mit noch nicht geschwundenem Thon. Das Gemenge hat daher eine ungleich geringere Schwindung und trocknet zudem leichter und gleichmässiger aus, als die geschlossene aus unendlich feinen Theilchen bestehende Masse des frischen Thons. Als gebrannter Thon verwendet man die Bruchstücken von schon gebrauchten Schmelzgeräthen und Ofensteinen, oder man brennt frischen Thon in eigens dazu bestimmten Flammöfen. Beide Arten Charmotte sind von ungleichem Werthe. Frischer Thon giebt zwar die reinste Charmotte, aber insofern er nie bei der im Glasofen herrschenden Temperatur, sondern nur bei einer viel niedrigern gebrannt werden kann, hat er auch nur einen Theil der Schwindung erlitten, die ihm bevorsteht. Er wird bei der Anwendung noch nachschwinden, ein erheblicher Uebelstand. Dieser fällt natürlich weg bei der Benutzung von gebrauchten Schmelzgefässen und Steinen, die ihre volle Schwindung zurückgelegt haben. Es versteht sich, dass diese, nachdem sie gedient haben, oberflächlich mit Glas überzogen sind. Kommt Charmotte.

dieses mit in die Thonmasse, so verliert sie zuviel an Feuerbeständigkeit. Man pflegt daher den Glasüberzug erst, was viele Kosten verursacht, mit dem Spitzhammer loszupicken.

Je bildsamer der Thon ist und je fetter, um so grösser muss der Versatz mit Charmotte sein und umgekehrt; man geht von der Hälfte bis zu gleichen Theilen und selbst bis zum anderthalbfachen.

Bekannte und in den Glashütten viel angewendete Thone sind in Deutschland der Klingenberger, der von Vallendar, von Grünstadt, die an der Donau und in Böhmen vorkommenden; in Belgien der aus den Ardennen bei Namur, in Frankreich der von Forges-les-Eaux, in England der von Stourbridge, die Schottischen und Andere mehr. — Ein guter Thon muss möglichst reich an Thonerde, aber möglichst frei von den als Flussmittel wirkenden Basen (Alkalien, Kalk, Bittererde, Oxyde des Eisens) sein; er muss beim Brande eine helle, nicht braune oder rothe Farbe annehmen. Eine blaue und blaugraue Farbe ist unschädlich, weil von organischer Substanz herrührend.

Die Häfen.

Masse. Es giebt kaum eine schwierigere Aufgabe im Fache der Töpferei, als die Herstellung guter Schmelzgefässe für Glashütten, der „*Häfen*". Einen guten Thon von gehöriger Feuerfestigkeit vorausgesetzt, bleiben noch viele andere Bedingungen zu erfüllen. Giebt man dem Thon wenig Charmotte, oder sehr feine Charmotte, so wird die Hafenmasse bildsamer, namentlich dichter und besser Glas halten, aber sie schwindet stärker, weniger gleichmässig und neigt gern zum Reissen. Mit zuviel oder zu grober Charmotte ist wenig Neigung zum Schwinden und Reissen, aber die Masse wird dann zu porös, das Glas dringt zu stark in die Wandungen und greift sie an. Alle Thone der feuerfesten Art verlieren bei starkem und andauerndem Feuer mehr und mehr von ihrer porösen Beschaffenheit und gehen in eine dichte auf dem Bruch graue, dem gemeinen Steinzeug entsprechende Masse über. Manche, namentlich die fetten Thone, sind dann etwas erweicht, und durch den Druck der flüssigen Glasmasse im Innern zum Verbiegen und Ausbauchen geneigt. Bei der körnigen und kurzen Beschaffenheit der Masse entstehen dann durch diese Erweichung Brüche. Auch unter den günstigsten Verhältnissen dauern die Häfen niemals so lange wie die Oefen, meist nur wenige Wochen. Gewöhnlich ist das Reissen des Hafens und das Auslaufen des Glases das Ende; wenn der Hafen ohne Riss hält, so zwingt doch Ausfressen des nach dem Innern des Ofens gekehrten Randes zum Auswechseln. Verlust an Glas, Verzettlung und Verunreinigung des Glases, kostspielige und mühevolle Arbeit, Aufwand an Brennstoff und Beschädigung des Ofens sind die

dem Fabrikanten zur Last fallenden Folgen der mangelhaften oder unzureichenden Beschaffenheit der Häfen.

Man nimmt meist Charmotte beiderlei Art, viel frisch gebrannte, weniger Hafenscherben, etwa ein Drittel. Die Charmotte wird am besten durch ein Sieb mit 80 bis 90 Maschen auf den Decimeter geschlagen. Auch zweierlei Korn, ganz feine und gröbere Charmotte, empfiehlt sich, weil dann die Schwindung am geringsten und doch die Dichte der Masse nicht zu sehr gemindert ist. Der Thon mit seinem Charmotteversatz wird gemischt und mit Wasser angemacht; je weniger Wasser man zusetzt, um so besser und haltbarer wird der Hafen, doch ist ein bestimmter Betrag von Wasser für hinreichende Bildsamkeit der Masse und regelrechte Arbeit unerlässlich. Die Mischung bewirkt man am gewöhnlichsten durch Treten. Lagern und Faulen verbessert ihre Bildsamkeit sehr.

Die Gestalt der Häfen anlangend, so ist seit den ältesten Zeiten und noch, die des abgestutzten Kegels die herrschende, die kleinere Fläche als Boden, die grössere als Oeffnung, Fig. 5. Die Weite des Hafens richtet sich nach mancherlei Umständen: ob die zu fertigenden Artikel mehr oder weniger Glas verzehren, schwerer ins Gewicht gehen, Tafelglaswalzen z. B. im Gegensatz zu Arzneiflaschen u. s. w.; nach der Tragweite der Feuerung; nach dem von den Arbeitern beanspruchten Raum. Allzuweite Häfen bedingen allzugrosse Breite der Oefen und damit wegen der grossen Spannung zu hohe Gewölbe, die das Feuer nicht genug auf die Häfen zurückwerfen. Die Häfen müssen ferner mindestens so viel Spielraum gestatten, wie es die gehörige Freiheit beim Arbeiten verlangt; jeder Arbeiter soll zugleich den Hafen gerade vor sich haben. Wiederum können aber die Häfen nicht lückig stehen wegen der vollen Ausnutzung des Feuers. Gestalt.

Fig. 5.

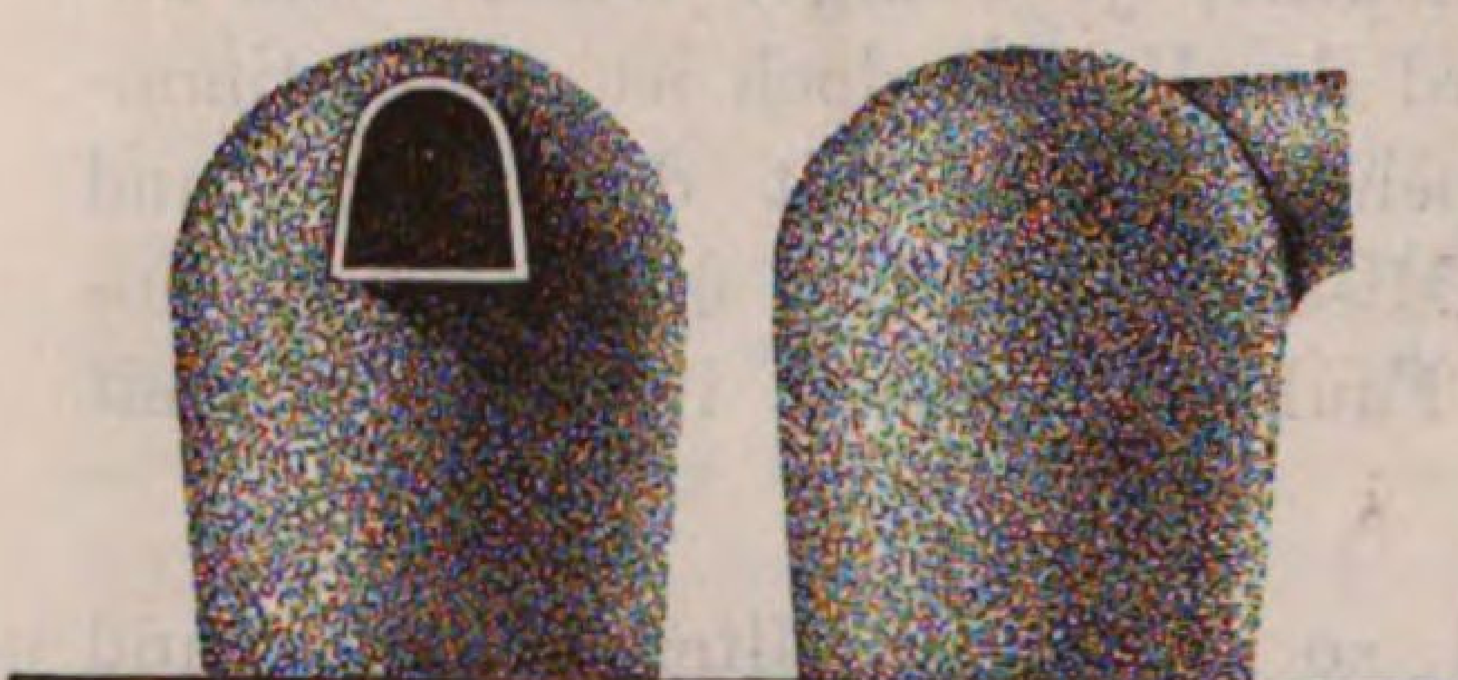


Am Boden hat der Hafen stets die bedeutendste Stärke, 6 bis 15 Centimeter, sie nimmt mit den aufsteigenden Wänden allmählich ab, am Rand bis auf etwa die Hälfte, 3 bis 6 Centimeter. Die Verjüngung des Durchmessers nach unten dient dazu, der Flamme Durchgang zwischen die Häfen zu schaffen. Der kreisförmige Querschnitt bietet am meisten Gleichgewicht gegen den Druck der Glasmasse, folglich auch den meisten Widerstand. Erweitert man die Häfen nach dem Innern des Ofens zu, so wird der Querschnitt oval und sie fassen natürlich bei gleichen Dimensionen des Ofens viel mehr Glas. Solche ovalen Häfen sind nicht sehr gewöhnlich, weil nicht besonders praktisch: sie werden durch den Druck des Glases an den flacheren Seiten leicht ausgebaucht; vor allem lassen sie sich im Ofen Stärke.

nicht drehen. Das Umdrehen der Häfen ist aber der gleichmässigen Abnutzung, auch öfter des Flickens von Rissen wegen, eine sehr wichtige Sache. — Viereckige Häfen, sogenannte „*Wannen*", kommen in der Spiegelgiesserei vor, weil dort besonders grosse Mengen geschmolzenen Glases erforderlich sind. — Wo die Steinkohlen als Brennstoff bei gewöhnlicher Feuereinrichtung dienen, ist man genöthigt, das Glas vor dem Einfluss des Rauchs und der Flamme zu schützen; in diesem Falle sind die Häfen, Fig. 6, geschlossen und mit einer Kuppel bedeckt, die mit einem kurzen Halse an die Arbeitsöffnung anschliesst.

Wannen und bedeckte Häfen.

Fig. 6.



Grösse.

Die Grösse der Häfen ist nicht ganz willkürlich. Unter allen Umständen muss der Arbeiter mit seinem Werkzeug den Boden des Hafens erreichen können. Damit hat die Höhe, wie nach dem Obigen auch die Weite, ihre Grenzen. Innerhalb dieser Grenzen ist indessen noch ein weiter Spielraum. In Deutschland fassen die Häfen für Hohlglas etwa 75 bis 100 Kilogramme, für Tafelglas 125 bis 200 Kilogramme; in Frankreich sind Häfen von 300 bis 400 Kilogramme die gewöhnlichen; viel weiter geht man in England, wo die Tafelglashäfen nicht selten 1500 bis 1800 Kilogramme und zuweilen selbst bis zu 2500 Kilogramme fassen. Vortheile und Nachtheile sind auf beiden Seiten. Häfen mit doppeltem Inhalt erfordern nicht mehr Arbeiter als solche mit einfachem, der Brennstoffbedarf wächst in weit geringerem Verhältniss als der Inhalt, grosse Häfen geben vergleichungsweise mehr reines Glas als kleine, man schmilzt endlich in grossen Häfen in derselben Zeit weit mehr Glas, als in kleinen. Bei einem Vergleich zwischen einem Ofen zu 8 Häfen mit je 75 Kilogrammen und einem andern Ofen zu 6 Häfen mit je 350 Kilogrammen Glas ergab sich, dass der letztere für gleichen Aufwand an Brennstoff so ziemlich das Doppelte an geschmolzenem Glas lieferte. Nur ist die zu einer Schmelzung erforderliche Zeit sehr ungleich; sie war z. B. bei dem Ofen mit kleinen Häfen 16 bis 18, bei dem mit grossen Häfen aber 28 Stunden. Ein anderes Beispiel ist das folgende:

Häfen		Schmelzen		Glas erzeugt	Kohlen verbraucht
Anzahl	Inhalt	Anzahl	in Wochen		
6	2 Ctr.	23	4	276 Ctr.	1038 Ctr.
10	6 „	5	1	300 „	765 „
		25	$4^1/_3$	300 Ctr.	1128 Ctr.
		5	1	300 „	765 „

Mit der Dauer der Schmelzung wächst der Verlust an Alkali, wächst der Angriff des Glases gegen die Hafenmasse. Im Fall des Reissens ist der Verlust bei grossen Häfen selbstverständlich im Verhältniss grösser. Endlich wachsen die Schwierigkeiten beim Auswechseln der Häfen mit der Grösse derselben sehr beträchtlich. Man würde die Grösse der englischen Häfen als übertrieben ansehen müssen, wenn die bezeichnenden Uebel durch die Trefflichkeit der englischen Thone nicht um vieles gemildert würden. Die Herstellung von Glaswaaren, die schwer ins Gewicht gehen, wie Tafel- und Spiegelglas, ist ein Grund zu grösseren Dimensionen der Häfen und Oefen.

Das Formen der Glashäfen geschieht in der Regel in Holzformen, aber vielfach auch noch aus freier Hand. Die Holzform, Fig. 7 bis 9, ist ein unten offener Bottich auf einem runden Brett stehend. Durch eiserne Reife mit Schloss und Vorstecker *a* können die meist dreitheiligen Formen Formung.

Fig. 8.



Fig. 7.

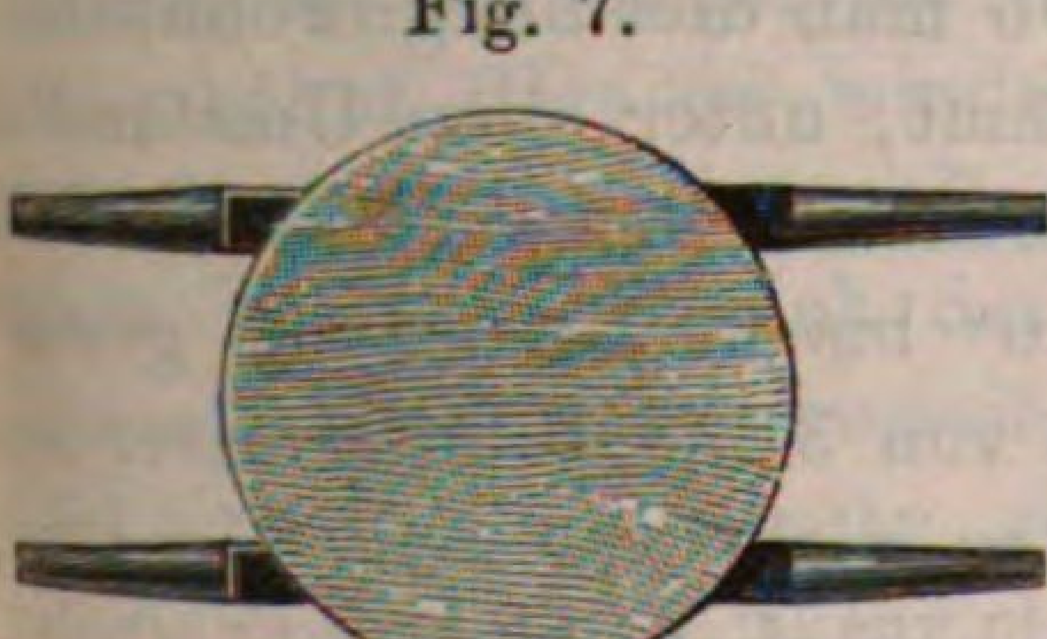
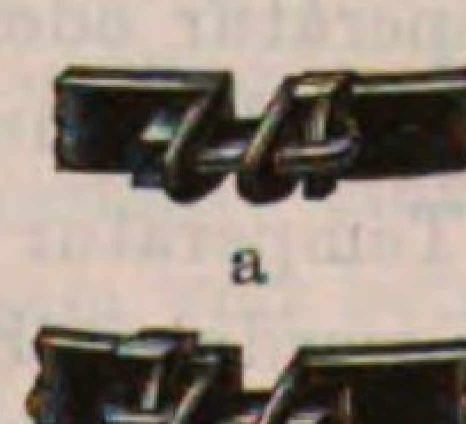


Fig. 9.



bequem zusammengefügt und auseinander genommen werden. Das als Boden dienende Brett steht auf zwei Traghölzern zum bequemeren Fortschaffen des Hafens. Die Thonmasse wird ballenweise eingebracht, die Ballen durch kräftiges Kneten und Schlagen zu einem Ganzen verbunden. Wesentlich ist dabei die Vermeidung von Fugen oder schlecht verbundener Stellen, die im Feuer nur allzuleicht aufgehen, sowie von eingeschlossenen Luftblasen. Die Fugen können nur durch die Umsicht

Formung. und Sorgfalt des Arbeiters vermieden werden, die eingeschlossene Luft verräth sich beim Schlagen der Masse mit Faust und Bläuel von selbst, indem sie vom Schlag zusammengepresst nachher die Masse blasenartig auftreibt. Man formt zuerst das Bodenstück auf einer ebenen Unterlage, überträgt es dann auf den mit Charmottemehl bestreuten Formboden und setzt die Form darüber. Der in überschüssiger Stärke angelegte Boden wird dann mit dem Bläuel auf die rechte Dicke ausgearbeitet, so dass er dicht an die Formwände anschliesst. Zur innigern Verbindung des Bodens mit den Wänden, bildet man einen kreisförmigen Falz ringsum. In diesen Falz legt man die ersten Wülste oder wurstförmigen Stücke Masse ein, aus der die ganze Seitenwand allmählich durch Ankneten, Antreiben Festschlagen und Ausgleichen aufgebaut wird. Zur Einhaltung der richtigen Wandstärke dienen Lehren mit Ausschnitten, den Dicken der verschiedenen Höhen entsprechend. Leinwand zwischen Form und Thon erleichtert das Trocknen und Losgehen. Bei der Arbeit aus freier Hand ist der Gang im Wesentlichen derselbe, man formt den Boden ganz ebenso und baut die Seitenwand auf wie beschrieben, nur ist dabei mehr Aufmerksamkeit und mehr Geschicklichkeit und ein gutes Augenmass nöthig. Dafür hat der Arbeiter den Vortheil, dass die Wand von beiden Seiten frei und zugänglich ist, Fehler entgehen ihm weniger und sind leichter zu vermeiden. Die Arbeit nimmt bei Anwendung von Formen nicht viel weniger Zeit weg, man hält daher das Arbeiten aus freier Hand in den meisten Hütten für vorzüglicher. Das Gewölbe der bedeckten Häfen wird stets aus freier Hand hergestellt; man macht es anfangs völlig geschlossen und schneidet dann ein ⌓ förmiges Loch aus zum Einsetzen des Halses.

Durch den Versatz mit Charmotte findet bedeutende Minderung in der Schwindung des Thons statt, aber sie beträgt bei der Hafenmasse immer noch den 15ten bis 20ten Theil jeder Dimension und dies ist genug, um alle Vorsicht beim Trocknen nöthig zu machen. Ob man dies bei gewöhnlicher Temperatur oder in geheizten Räumen vornimmt, unter allen Umständen muss es durchaus langsam und allmählich geschehen und im letzten Fall die Temperatur stufenweise aber nie über 30^0 bis höchstens 40^0 gesteigert werden. Kleine Häfen mit einer Stärke von 3 bis 4 Centimeter am Rand und 7 bis 9 Centimeter am Boden sollten nicht vor zwei Monaten, grössere mit einer Wandstärke von 6 bis 8, bezüglich 12 bis 15 Centimeter Stärke, erst nach drei Monaten gebraucht werden. Am besten aber arbeitet man mit einem Vorrath von Häfen, der hinreicht, die doppelte Zeit von 4 bis 6 Monaten zum Trocknen anzuwenden. Nach 1 bis 2 Wochen Trocknung kann man die Form wegnehmen, wenn man sich einer solchen bedient hat. Aus freier Hand gearbeitete Häfen trocknen natürlich gleichförmiger und besser.

Auch bei sorgfältigster und bester Arbeit kann ein Glashafen den plötzlichen Uebergang von der gewöhnlichen Temperatur in die Glühhitze nicht ertragen, er kann nicht ohne weiteres in den Glasofen eingeführt werden, ohne zu reissen. Es ist daher nothwendig, neuen Häfen, als

Ersatz unbrauchbar gewordener vorher in einem Nebenofen erst auf eine gute Rothglühhitze zu bringen. Zu dieser Operation, dem sogenannten „*Antempern*“, dienen besondere Flammöfen, die entweder mit dem eigentlichen Glasofen verbunden, von der abziehenden Hitze desselben betrieben werden, oder, wie man neuerdings vorzieht, in der Nähe des Glasofens errichtet und mit eigener Feuerung versehen sind. Sie fassen meist zwei bis sechs Häfen, die hier in Vorrath glühend stehen im vorkommenden Fall sofort in den Glasofen eingetragen zu werden. Es sind wenigstens 24 Stunden zum Anwärmen eines Hafens erforderlich. Antempern.

Verschiedener in Vorschlag gekommener Verbesserungen in der Einrichtung der Häfen wird beim Abschnitt vom ununterbrochenen Glasbetrieb gedacht werden. Hier sind aber noch gewisse geringfügige Zubehörden zu erwähnen, die sich als überaus nützlich erwiesen haben: nemlich „*Ringe*“ und “*Klammern*“. Ringe aus Hafenmasse schwimmen auf dem geschmolzenen Glase; sie haben einen etwas kleinern Durchmesser als der Hafen selbst und dienen dazu, das unreine Glas, welches sich an der Hafenwand durch Auflösen des Thons bildet, von dem reinern Glas im Innern des Hafens zu trennen. Die Klammern setzt man auf den Rand des Hafens an die Stelle, wo sich ein Riss zu zeigen beginnt; sie sind der Dicke des Hafens angepasst, legen sich über die gerissenen Stellen, mit denen sie fest zusammenwachsen, und hindern so häufig das Weitergreifen der Risse. Ringe; Klammern.

Die Oefen.

Der Glasofen dient zwei Hauptzwecken: der Herstellung und der Verarbeitung von Glas. Die Temperatur bei der Herstellung steigt bis zur Dünnflüssigkeit des Glases und sinkt niemals unter die hohe Rothglühhitze. Man hat oft bis zu zehn mindestens aber sechs Häfen und verarbeitet Glas an mindestens ebensovielen Stellen des Ofens, die alle gleichen Anspruch an die zu erzeugende Temperatur machen. Es ist demnach zum Betrieb der Glasöfen als Anforderung gestellt: einerseits ein sehr hoher, andererseits aber auch ein über einen Raum von beträchtlicher Ausdehnung sehr gleich vertheilter Hitzgrad. Endlich treten bei der empfindlichen Natur des Glases noch als weitere Bedingungen hinzu: möglichst reines und klares, von Aschen- und Kohlentheilen freies Feuer; die Möglichkeit Arbeitsstücke von jeder Form und Grösse bei der Formgebung wiederholt im Arbeitsraume des Ofens durch Nachglühen zu erweichen und zwar ohne dass sie in diesem Zustande mit der Umgebung (Wänden, Häfen u. s. w.) in Berührung kommen. Allen diesen Anforderungen genügt lediglich das Flammfeuer; alle Glasöfen ohne Ausnahme sind Flammöfen und zwar stehende Flammöfen, die Richtung des Zuges ist im Allgemeinen aufrecht, von unten nach oben. Allgemeines.

Die Abweichungen in der Einrichtung der Glasöfen haben lediglich mit der Art zu thun, nach welcher man sich die zum Betriebe nöthige

massenhafte Flamme von der hohen Temperatur verschafft, sie sind nur auf die Feuerung bezüglich, und von dem Brennstoff bedingt, den man dazu verwendet.

Theile des Glasofens; Der Ofen selbst aber ist in den wesentlichsten Momenten überall und für alle Glasgattungen derselbe und hat sich seit den ältesten Beschreibungen (des Mönchs Theophilus im 12. oder 13., des Agricola in der Mitte des 16. Jahrhunderts) in den Hauptgrundzügen ungeändert erhalten. Die wesentlichen Stücke erhellen aus den Abbildungen 10, 11 und 12.

Fig. 10.

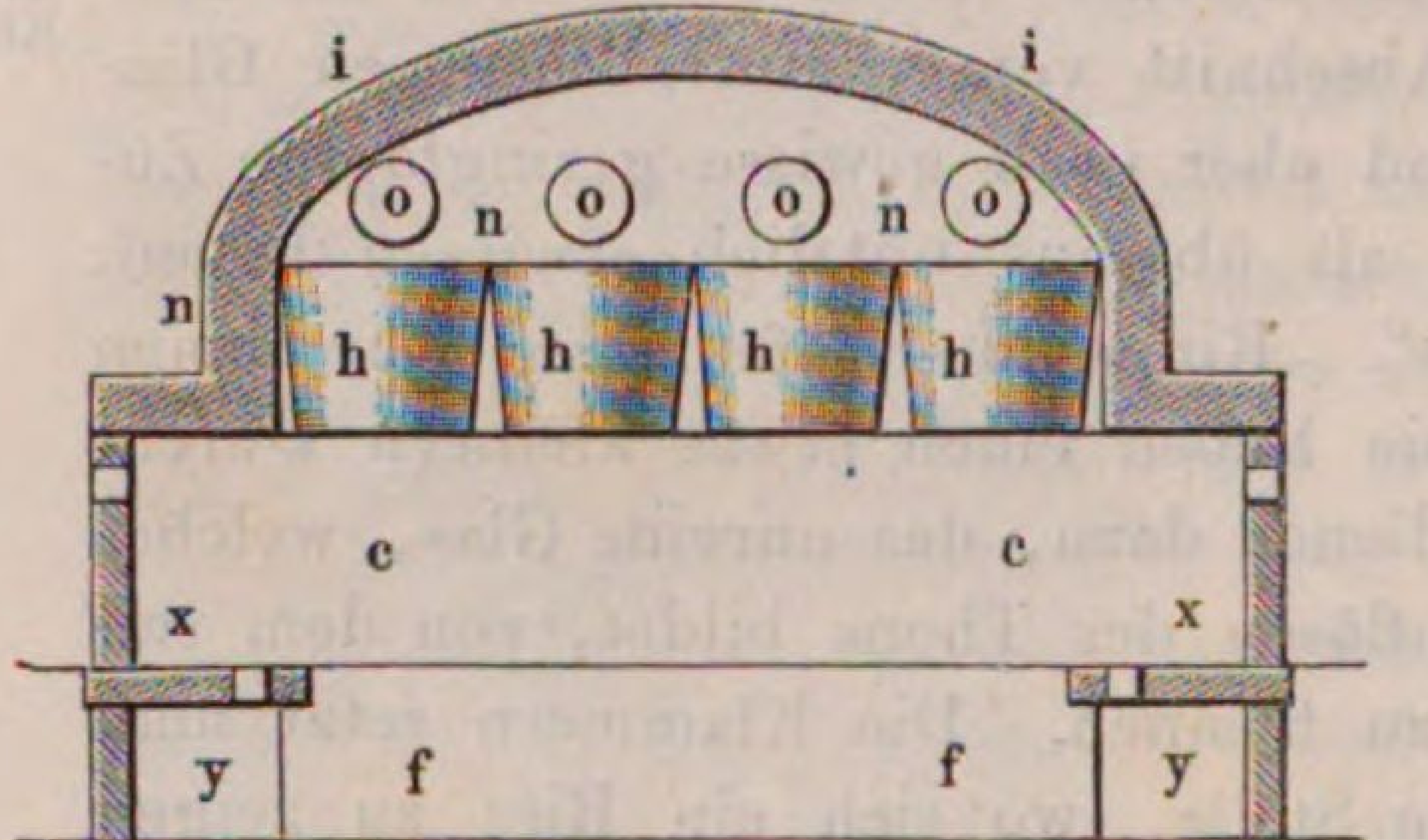


Fig. 11.

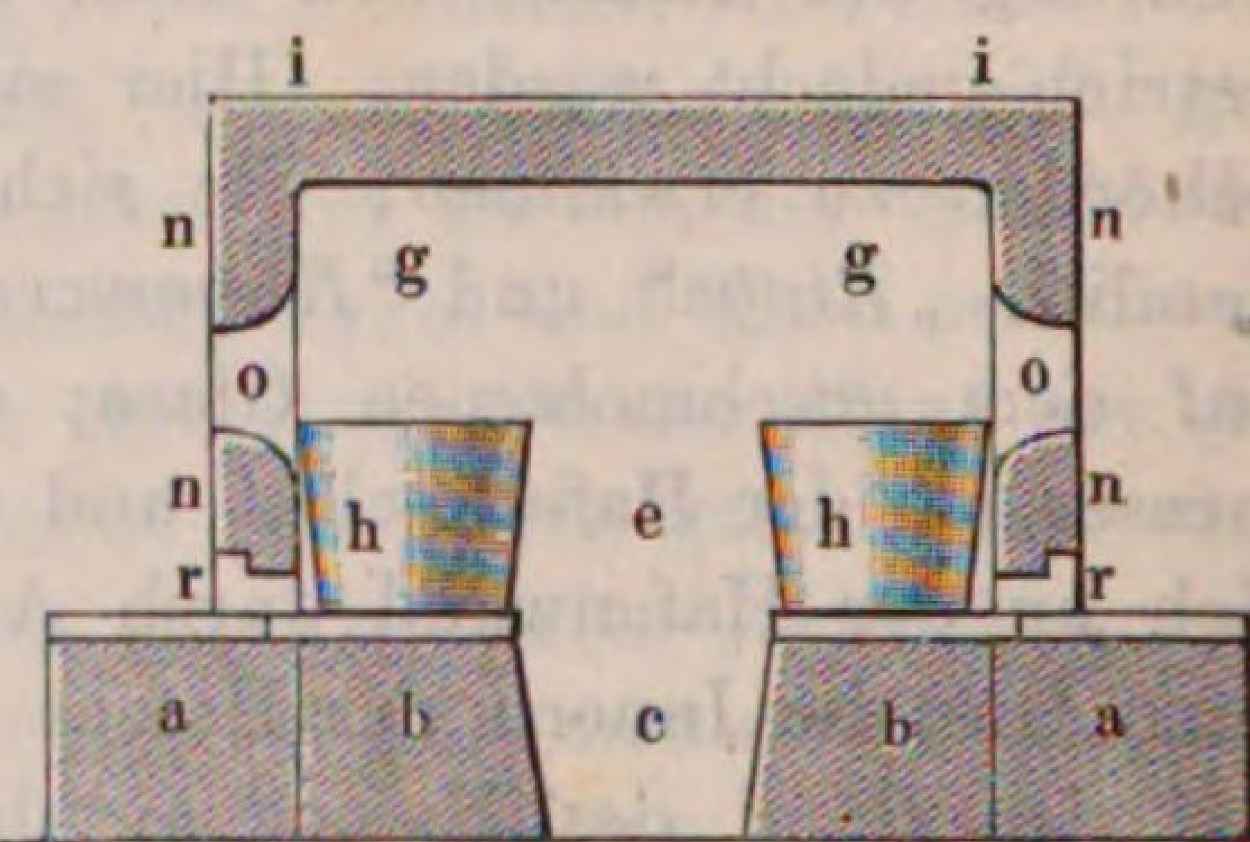
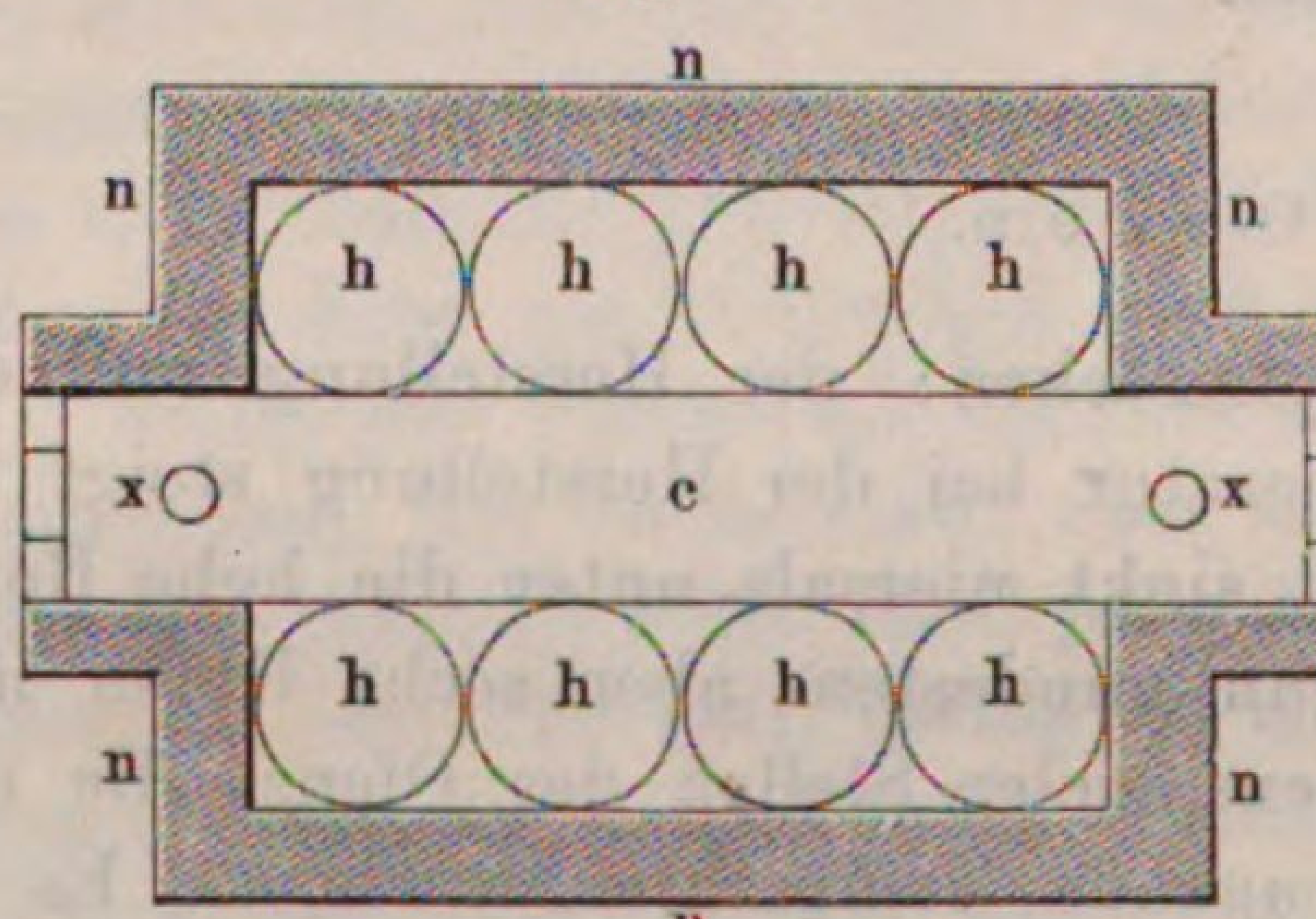


Fig. 12.



Auf dem Fundament *ff* erheben sich zu beiden Seiten die massiven Mauerkörper, der äussere *aa* und der innere *bb*, welche eine Vertiefung in Form einer langgestreckten Grube *c* zwischen sich lassen, die „*Piepe*“ oder „*Tonne*“ genannt. Mit dieser Tonne stehen die Feuerungen, hier *xy*, in Verbindung. Ebenso wie die Feuerungen zur Erzeugung, so dient die Tonne als Raum zur Entwicklung der Flamme. Die Glashäfen *hh* stehen (etwa wie die Blumentöpfe auf einem Fenstergesims) in zwei Reihen auf dem inneren Mauerkörper *bb*, den „*Bänken*“ (Gesäss). Die aus der Tonne aufsteigende Flamme schlägt zunächst zwischen den beiden Häfenreihen, also durch die Gasse *e* (Fig. 11) durch, verbreitet sich in dem Arbeitsraume *gg* bis an das Deckengewölbe *ii* und nimmt durch die zugleich zum Ausarbeiten des Glases dienenden Oeffnungen *oo* in den Seitenmauern *nn* ihren Ausweg. Die Oeffnungen *rr* werden nur gelegentlich beim Losbrechen und Auswechseln der Häfen gebraucht; sie sind beim laufenden Betrieb des Ofens müssig und geschlossen.

Zug. Nach den Bd. I. 1. 316 gelehrten Principien ist der Zug eines Ofens bedingt durch die senkrechte Höhe des Kamins und durch die Temperatur

der abziehenden Gase. Im Glasofen der gewöhnlichen hier abgebildeten Einrichtung ist keinerlei Kamin noch irgend eine der bekannten Vorrichtungen zur Hervorbringung des Zuges vorhanden. Allerdings ist der senkrechte Abstand zwischen der Feuerung und den Oeffnungen zum Austritt der Verbrennungsprodukte grundsätzlich als Kamin zu betrachten; aber diese wirksame Höhe beträgt beim Glasofen meist nicht mehr als einen, höchstens zwei Meter. Es bleibt also nur der Hitzgrad des innern Ofenraums als Triebkraft für den Zug. Immerhin ergiebt sich (bei einer Zughöhe von zwei Metern), auch wenn die Verbrennungsgase nur mit einer Temperatur von 1000° C. abziehen (von der Reibung u. s. w. abgesehen) eine Geschwindigkeit von 12 bis 13 Meter in der Secunde, das ist mehr als bei den meisten Kaminen. Man begreift daher sehr wohl den scharfen Zug der Glasöfen auch ohne diese Hülfsmittel. Zug.

Wie man sieht, stehen die Häfen dicht aneinander und berühren sich mit den Rändern, eine Anordnung, die aus dem Bestreben fliesst, sie gegenseitig im Feuer zu stützen und den Ofenraum möglichst auszunutzen. Das Feuer hat daher nur soviel Spülung, als die Kegelform der Häfen Zwischenraum zwischen denselben gestattet. Die Häfen erhalten ferner am Boden gar kein Feuer, von den Seitenwänden *nn* her, von welchen aus ohnehin die stärkste Abkühlung nach aussen stattfindet, sehr wenig Feuer. Der Zutritt des Feuers zu den Häfen ist daher ziemlich eingeschränkt, er ist nur frei von der Mitte des Ofens, also von *e* aus, beim Aufsteigen der Flamme aus der Tonne *c*; dann von oben nach dem Rückschlag der Flamme vom Gewölbe aus und beim Austritt aus den Arbeitsöffnungen *o*, *o*. Bei dieser im Ganzen nicht günstigen Stellung der Häfen zum Feuer kommt alles darauf an, namentlich beim Einschmelzen des Glases, dass der ganze innere Raum *e* und *gg* möglichst vollkommen und in allen Richtungen mit Flammen angefüllt ist, dass diese Flamme mit Gewalt aus den Arbeitsöffnungen hervordringt. In der That wird nur mittelst der Flamme die Verbrennung, mittelst der Verbrennung die Wärmeentwicklung nach allen, auch den entlegenen Punkten des Ofens hingetragen. Der Grundbedingung, Erzeugung der Flammenfülle, schliesst sich als zweite Bedingung im durchschnittlichen Gange des Ofens eine Beschaffenheit und Reaction der Flammen an, die weder die Güte noch Farbe des Glases beeinträchtigt. Als dritte Bedingung bleibt die möglichste Ersparniss an Brennstoff dessen Natur dann wiederum die Feuereinrichtung, die Art der Flammenerzeugung bedingt.

Der ältere hergebrachte Glashüttenbetrieb kannte keinen andern Brennstoff als Holz. Bei der Reichlichkeit und dem geringen Werth desselben der Ersparniss wenig Rücksicht widmend, wusste er die Aufgabe eines wirksamen und brauchbaren Flammfeuers mit ebenso viel Scharfsinn als Einfachheit der Mittel zu lösen. Der moderne Betrieb bewegt sich umgekehrt in der Frage der Brennstoffersparniss, Heranziehung der Steinkohle in erster Linie, dann der geringeren Brennstoffe (Braunkohle,

Torf) und was damit zusammenhängt, der Gasfeuerung, endlich mit der Zugutemachung der verlorenen Hitze der Glasöfen.

Holzfeuerung.

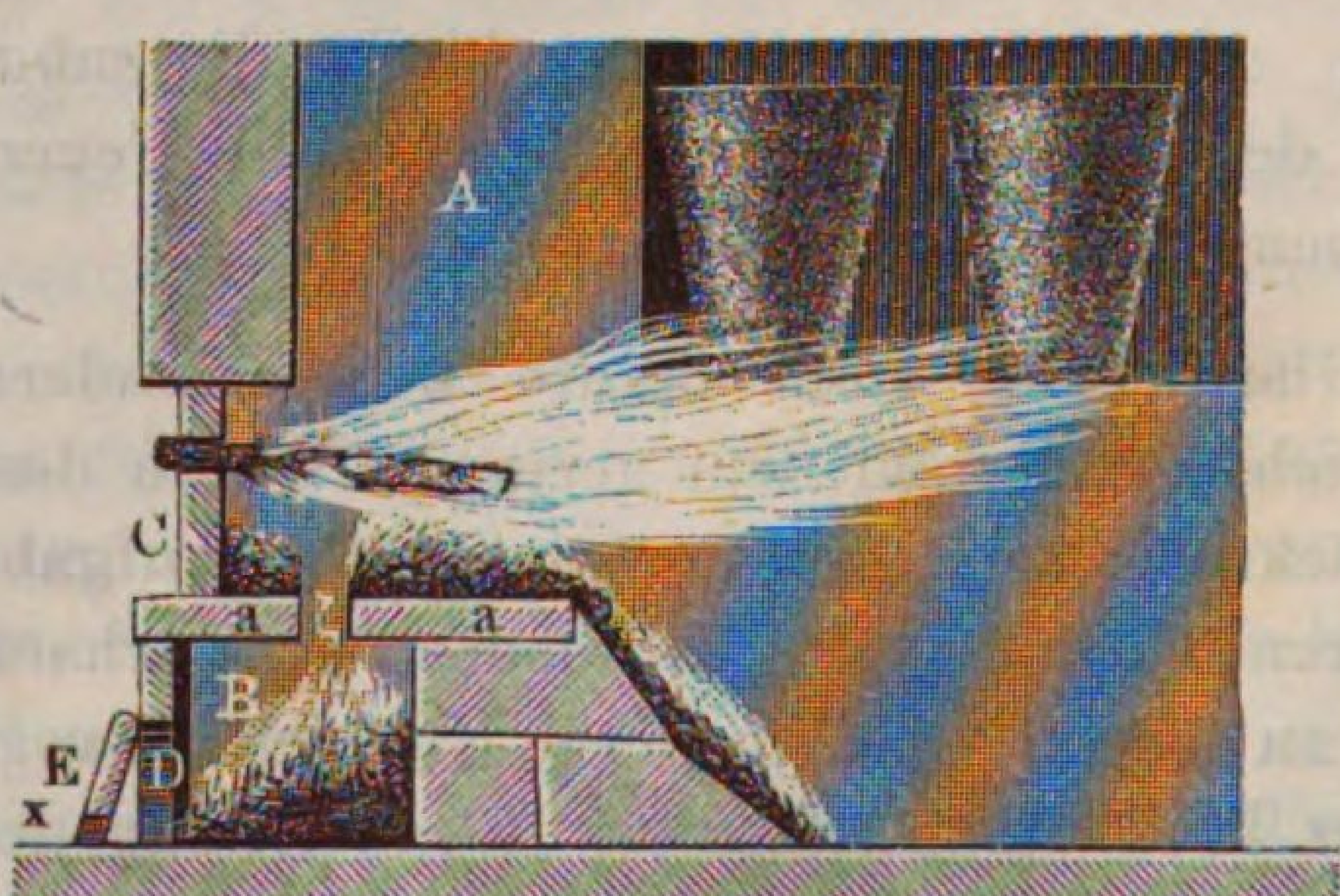
Der Glashüttenbetrieb mit Holzfeuerung in der ursprünglichen Grundlage, den niedrigen Holzpreisen, mehr oder weniger erschüttert und in sichtlichem Zurückweichen begriffen, hat doch für holzreiche Gegenden mit mässigen Arbeitslöhnen durch die Einführung besserer und billiger Flussmittel — so im Böhmerwald, im baierischen Wald, in einigen deutschen Mittelgebirgen, wie im Thüringerwald und im süddeutschen Oberland, — immerhin Kraft zu fernerem Bestande und bildet im Ganzen noch einen Betrieb von beträchtlichem Umfange, um so mehr, als gewisse Gattungen von Glas, wie der böhmische Krystall, ausschliesslich bei Holzfeuerung möglich sind.

Bei einem Flammfeuer von hoher Temperatur ist die natürliche Feuchtigkeit des Holzes das wesentlichste und zunächst zu bekämpfende Hinderniss. Man bedient sich daher ausschliesslich des gedarrten, d. h. bis zum Braunwerden getrockneten Holzes. Mit dem Darren ist einige Ausnutzung der sonst aus dem Glasofen nutzlos entweichenden Wärme verbunden. In derjenigen Höhe nemlich, in der die heissen Gase nicht mehr zünden, sind senkrecht über dem Ofen Gerüste, sogenannte „*Horste*", im Dachgebälke der Hütte angebracht, in denen der Vorrath von gespaltenem Holz der Art aufgeschichtet liegt, dass die heissen Gase hindurchstreichen müssen, ehe sie aus den Dachlucken abziehen. Mittelst von aussen angebrachter schräg aufsteigender Fahrbahnen werden die Horste mit frischem Holz beschickt; das fertig gedarrte wird einfach vor die Feuerungen herabgestürzt.

Man zieht leichte Hölzer, wie die Nadelhölzer, ihrer grösseren Flammbarkeit und Leichtentzündlichkeit wegen vor. Die letztere, d. h. die Raschheit, mit der das Holz verbrennt, ist die wichtigste Bedingung einer reichen Flammenentwicklung, sie wird nächst dem Darren wesentlich noch durch dünnes Spalten des Holzes (die Scheite sollen etwa 10 Centimeter breit und halb so dick sein) befördert.

Die älteste Form der Feuerung für Holz die der Figuren 10, 11 u. 12 skizzirten Oefen, ist heutzutage noch häufig anzutreffen; sie trägt ganz und gar das Gepräge der früheren Zeiten aus denen sie herstammt, äusserste Einfachheit der Hülfsmittel (nichts als einige Thonsteine und Platten) bei grosser Wirksamkeit. Diese Feuerung, Fig. 13 in ihren Einzelnheiten ersichtlich, besteht aus zwei übereinander liegenden Räumen *A* und *B*. Dem Feuerraum und dem Aschenfall entsprechend,

Fig. 13.



Holzfeuerung.

sind sie durch eine starke Thonplatte *a a* getrennt, mit der runden Oeffnung ζ, welche den Rost vorstellt. Der Feuerraum *A* ist durch eine unbewegliche Thonplatte *C* verschlossen; der untere Raum *B* hat nach aussen eine weitere Oeffnung *D* als Hauptzugang der den Ofen speisenden Luft. Zur Regulirung dieses Luftzutrittes dient die angelehnte Thonplatte *E* mit dem Ausschnitt *x*. Die grosse Wirksamkeit dieser Feuerung beruht nun zumeist in der eigenthümlichen aber sinnreichen Art zu schüren. So lange der Ofen in Betrieb steht, ist die ganze Feuerung mit allen Thonwänden im Innern auf der höchsten Rothglut; der Heizer schiebt jedesmal ein einzelnes Scheit durch die Oeffnung der Platte *c*, aber so, dass es mit dem einen Ende darin stecken bleibt, folglich mit seiner Länge frei und ohne aufzuliegen in den hochglühenden Feuerraum ragt. In dieser Schwebelage plötzlich einer sehr hohen Hitze von allen Seiten ausgesetzt, löst sich das Scheit im Augenblick unter Geprassel in eine mächtige Flamme und in einen Kohlenrückstand auf. Die Flamme dringt durch die Tonne in den innern Arbeitsraum des Ofens; der entstehende Kohlenrückstand verbleibt im Feuerheerd, theils auf der Rostplatte *a a*, theils durch das Loch ζ herab nach *B* fallend. Der durch *D* eintretende Luftstrom verbrennt die Kohlen an beiden Stellen, während der Zug die Verbrennungsprodukte derselben und den Ueberschuss der Luft aufwärts in die Flammen führt. Während dieser Vorgang an der einen Schüre Platz greift, hat der Arbeiter inzwischen die zweite Schüre bedient und ist zur ersten eben in dem Augenblick zurückgekehrt, wo das eingeschobene Scheit verzehrt ist. Indem er ein neues Scheit einführt, drückt er den in der Oeffnung der Platte *C* steckenden Stumpf ins Feuer, worauf der ganze Vorgang sich wiederholt und so fort bei jedem Umgang des Schürens. Man versteht aus dem Zusammenhange dieser Art zu feuern, dass sie mehrere vortheilhafte Momente umfasst. Zunächst kann ein Holzscheit, zumal von leichtem und gedarrtem Holz, in keiner günstigern Lage zu einer raschen und ergiebigen Flammenentwicklung gedacht werden, als die Schwebelage. Die Hitze, in der sich das Scheit befindet, übersteigt weit die gewöhnliche Zersetzungstemperatur des Holzes; das Holz befindet sich in dem Falle, wie bei der Destillation des Leuchtgases aus Holz, der Kohlenstoff geht in viel stärkerem Betrag in die flüchtigen Theile, es entsteht eine zugleich umfang- und zugleich kohlenstoffreichere Flamme von einer im Allgemeinen fetten und, hinreichende Luftspeisung vorausgesetzt, hellleuchtenden Beschaffenheit. Umgekehrt bildet sich weit weniger, etwa nur halb soviel Kohlenrückstand als gewöhnlich. Gleichlaufend bestehen auch zwei Verbrennungen, die der Flamme und die des Kohlenrückstandes, denen auch gesonderte Bestimmungen zukommen. Indem nemlich der eintretende Luftstrom zuerst die mit der Flamme entstehende Kohlenglut verbrennt, giebt er vor allen Dingen der Feuerung die Wärme zurück, die dieser durch die Flamme, d. h. die Verflüchtigung der Holzbestandtheile, entzogen worden; zugleich wird der Luftstrom vorgewärmt und tritt als heisse Luft in die Flamme. Was man bei dieser Feuerung

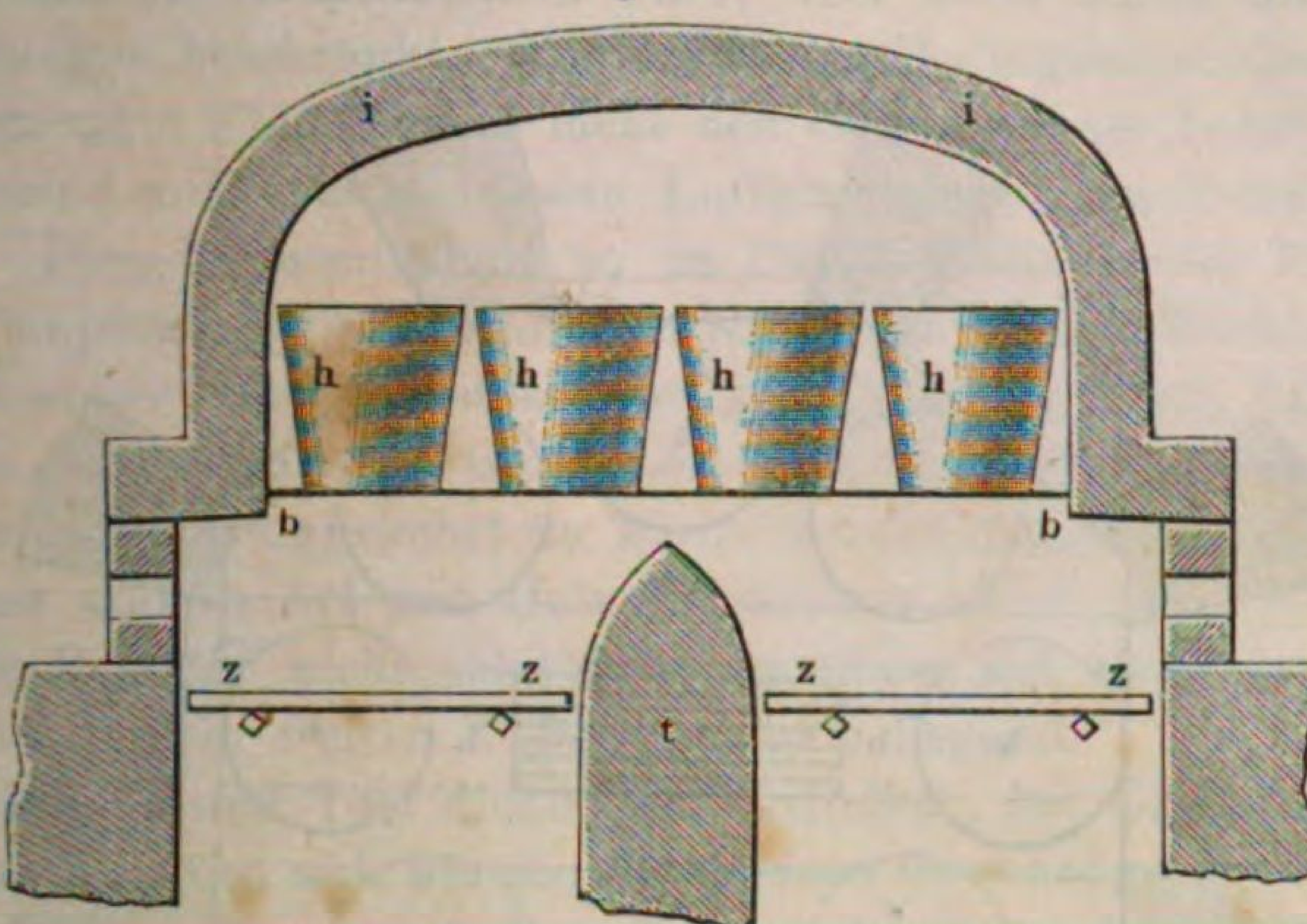
mit Recht einwenden kann, ist der mit dem jedesmaligen Einschieben der Scheite mehr oder weniger stossweise Gang. — Die Feuerung könnte natürlich noch zweckmässiger aus vollen Mauern statt aus Thonplatten bestehen; das letztere ist nur nöthig, weil die Feuerung bei diesen Oefen zugleich der Zugang zum Auswechseln der unbrauchbar gewordenen Häfen ist. Statt der blossen Thonplatten hat man gegenwärtig gewöhnlich eiserne mit Thon gefütterte Thüren und eiserne Roste bei sonst unveränderter Art des Schürens. Diese Einrichtung wird beim Tafelglas näher beschrieben werden.

Steinkohlenfeuerung. Die Glashütten gehören zu den Industriezweigen, bei denen die Steinkohlen am frühesten eingeführt wurden. Wie sich von selbst versteht, wählt man soweit thunlich Steinkohlen „von langer Flamme“, die viele flüchtige Produkte und damit reichlich Flamme entwickeln. Erst in zweiter Linie steht die Frage, ob sie Backkohlen sind oder nicht. Stark backende erschweren dis Aufrechthaltung eines guten Ganges der Feuerung und einer reinen Flamme; zu magere Kohlen fallen zu leicht durch den Rost, der im Fall der Glasöfen nicht eng sein kann. Ein Gemisch von backenden und mageren Kohlen leistet in der Regel sehr gute Dienste.

Um der Grundforderung einer mächtigen heissen Flamme bei dem dichtern kohlenstoffreichern und nicht so leicht entzündlichen Material gerecht zu bleiben, waren bei dem Uebergang von Holz zu Steinkohle mancherlei Abänderungen nöthig, ohne dass aber die Haupteinrichtung der Glasöfen umgestossen wäre. Die Steinkohle ist ohne einen eigentlichen Rost (für Fälle wie die Glasbereitung) nicht zu brennen, in die Schwebelage wie Holzscheite kann man sie nicht bringen. Steinkohle verbrennt weniger rasch als gedarrtes Holz, unter gleichen Umständen; um dennoch eine hinreichend umfangreiche Flamme zu erzielen, muss daher die Summe der in gleicher Zeit zur Verbrennung gelangenden Kohlentheile entsprechend grösser sein, d. h. es ist dem Rost eine beträchtliche Ausdehnung zu geben. Während daher bei Holz die Feuerung nur einen kleinen Theil von der Räumlichkeit der Tonne an beiden Enden derselben einnimmt, wird bei Heizung mit Steinkohle im Gegentheil fast die ganze Erstreckung der Tonne zur Rostfläche. Man bewerkstelligt dies in der Ausführung auf zweierlei Art. Entweder sind, Fig. 14, zwei Roste *zz* vorhanden, dicht an die Schürlöcher in den Aussenwänden anstossend und nur in der Mitte durch eine Mauerzunge *t*, den „*Sattel*“, von einander getrennt. Der ganze Raum der Feuerungen, und zwar von der Rostfläche bis zur Spitze des Sattels, ist mit Kohlen gefüllt, diese bilden somit eine sehr mächtige Schicht von 7 bis zuweilen 10 Decimeter. Die Stärke dieser Schicht, mithin auch die Tiefe der Feuerung und Höhe des Sattels richtet sich im Einzelnen nach der Beschaffenheit der Kohlen. Zweckmässig ist es, den Rosten einige Neigung von 10° bis 12° gegen den Sattel zu geben, insofern dadurch die gleichmässige Ausbreitung der Kohlen sehr erleichtert wird. Die übrigen Theile des Ofens (Gewölbe *ii*, Bänke *bb*, Häfen *hh*) bleiben im Wesentlichen ungeändert, aber zum Zweck eines gehörigen allseitigen Luftzu-

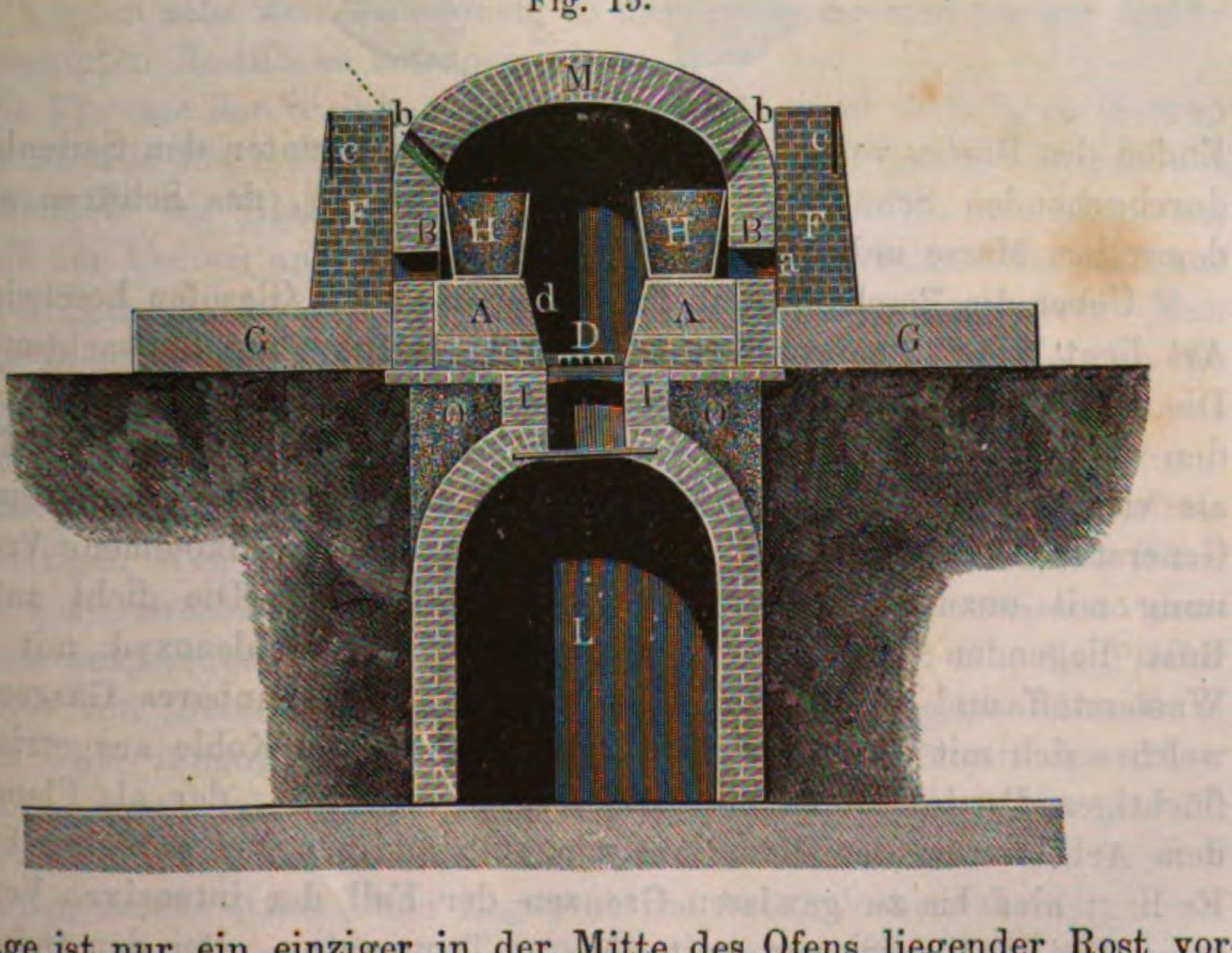
trittes zu dem Rost, dann um der reichlich durchfallenden Asche Raum und den Arbeitern Zugang zur Beaufsichtigung und Reinigung des Rostes zu verschaffen, erhält der Ofen einen der Länge nach unter dem Rost herlaufenden Kanal im Fundament, von etwa 2 Meter Weite und Mannes- Steinkohlenfeuerung.

Fig. 14.



höhe, an beiden Enden offen, *L*, Fig. 15. Je nach der Richtung des Windes schöpft der Kanal den Zug von der einen oder andern Oeffnung, die zugleich zur Beseitigung der Asche dienen. Bei der zweiten Art der

Fig. 15.

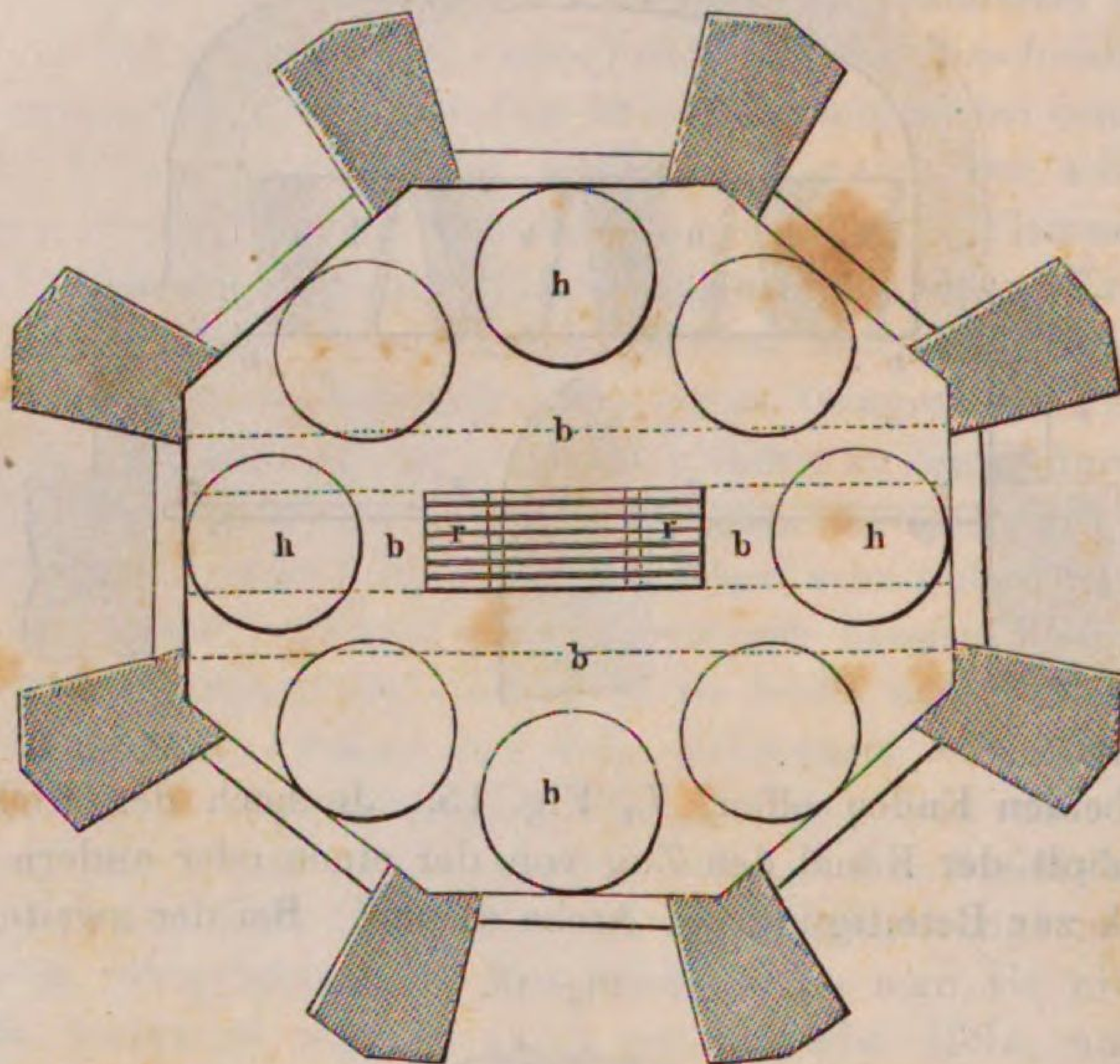


Anlage ist nur ein einziger in der Mitte des Ofens liegender Rost vorhanden unter Wegfall des Sattels. Bei der vorher beschriebenen Einrichtung sind zwei einander gegenüberstehende völlig getrennte Bänke

Steinkohlenfeuerung.

vorhanden; bei der in Rede stehenden Einrichtung, Fig. 16, läuft eine zusammenhängende Bank *b b*.. mit den Häfen *h h*.. im Viereck um den Rost *r r* herum. Diese Einrichtung gewährt den Vortheil, dass man zwei Häfen mehr, also z. B. acht statt sechs, mit vieler Ersparniss an Brennstoff aufstellen kann; sie bietet aber auch den grossen Nachtheil, dass die

Fig. 16.



Enden des Rostes von der Aussenwand und den unter den Seitenbänken durchgehenden Schürlöchern sehr entfernt liegen, das Schüren also in demselben Masse unbequem und schwierig ist.

Ueber die Beschaffenheit der Flammen in den Glasöfen beschriebener Art liegt mehr theoretische Ansicht, als Versuch und Beobachtung vor. Die Mächtigkeit der Steinkohlenschicht auf dem Rost giebt der Feuerung den Charakter nicht sowohl einer Vorrichtung zum Brennen der Kohlen, als vielmehr zur Verwandlung derselben in Brenngase. Sie ist eine Art Generator, worin zunächst eine theilweise und unvollkommene Verbrennung mit unzureichendem Luftzutritt stattfindet. Die dicht auf dem Rost liegenden verkokten Theile geben viel Kohlenoxyd mit etwas Wasserstoff und wenig Kohlensäure, also ein brennbares Gasgemenge, welches sich mit den aus den oberen Schichten der Kohle ausgetriebenen flüchtigen Produkten zu einem Gasstrom vermischt, der als Flamme in dem Arbeitsraum des Ofens erst zur vollständigen Verbrennung kommt. Es liegt hier bis zu gewissen Grenzen der Fall der intensiven Verbrennung (Bd. I, 1. 308) vor, mit höherer Temperatur. Bei den Oefen mit Holzfeuerung fehlt das Moment der Aufhäufung von Brennstoff zu dicken Lagen gänzlich, im Gegentheil, jedes Scheit kommt einzeln und

freischwebend zur Verbrennung. Wohl aber geschieht diese Verbrennung sehr rasch und bei weit höherer Temperatur als gewöhnlich. Es entwickeln sich aus dem Holz weit mehr flüchtige Produkte und diese sind weit kohlenstoffhaltiger als unter gewöhnlichen Umständen. Dabei ist die gleichzeitig zur Speisung der Feuerung eintretende Luft im Verhältniss zur Masse der zu verbrennenden Gase, aber auch durch die Enge der Zutrittsöffnungen beschränkt. Die unter den Bedingungen des Glasofens aus Holz erzeugte Flamme hat mehr den Charakter des Leuchtgases aus Holz, brennend mit dem mindesten Luftüberschuss, leuchtend, fett und sehr heiss. Dies ist wenigstens so im Durchschnitt in der Periode der höchsten Temperatur beim Schmelzen; nur ist in der Wirklichkeit der Gang nicht stetig, sondern stossweise mit Ebbe und Fluth bald bis zum Ueberschuss an brennbaren Gasen zur düstern und russenden Flamme aufschwellend, bald umgekehrt zu klarer durchsichtiger Flamme sinkend. Art der Verbrennung.

In einer andern Art mit Holz betriebener Oefen (sog. „deutschen") brennen die Scheiter nicht schwebend, sondern auf einer Art Rost aus Thonbalken mit sehr weiten Zwischenräumen liegend.

Braunkohlen und Torf dienen nur mittelbar, zur Gasheitzung.

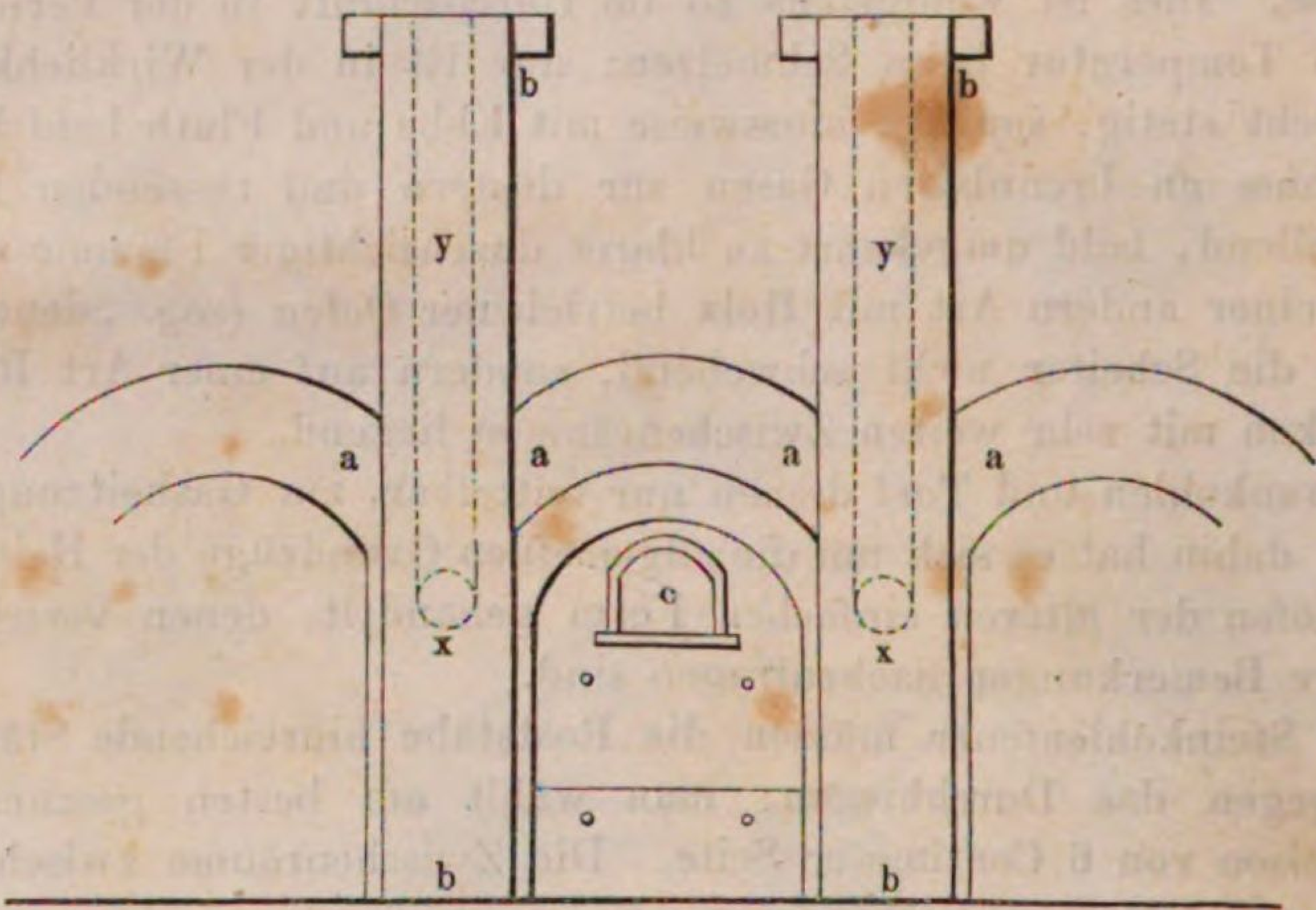
Bis dahin hat es sich um die allgemeinen Grundzüge der Heitzungen der Glasöfen der älteren einfachen Form gehandelt, denen verschiedene besondere Bemerkungen nachzutragen sind.

Bei Steinkohlenfeuer müssen die Roststäbe hinreichende Stärke besitzen gegen das Durchbiegen; man wählt am besten geschmiedetes Quadrateisen von 6 Centimeter Seite. Die Zwischenräume zwischen den Stäben werden sehr weit genommen, so dass sie zusammen bis zur Hälfte der gesammten Rostfläche betragen. Fossile Brennstoffe.

Die Flamme der Steinkohlen ist stets fetter, und mehr zum Russen geneigt als die klarere Holzflamme, daher schlecht verträglich mit der Beschaffenheit des Glases. Bei feineren Gläsern, wo es besonders auf Reinheit der Farben ankommt, namentlich beim Bleikrystall, ist man aus diesem Grunde genöthigt, das Glas vor der Flamme zu schützen. Man schmilzt in bedeckten Häfen (Seite 38), die mit einem kurzen Hals an die Arbeitsöffnung anpassen, und verstreicht mit Hafenmasse. In Folge dieser Anordnung ist den heissen Gasen der Austritt aus der Austrittsöffnung, wie solcher beim Holzofen statt hat, unmöglich gemacht; es ist für einen anderweitigen Weg (Fig. 17, a. f. S.) gesorgt. Die Vorderwand des Ofens besteht aus Gewölben *a a* mit den Pfeilern *b b*, der Raum zwischen denselben ist ausgemauert. Bei den Steinkohlenöfen erhalten nun die Pfeiler die Form von kleinen Kaminen, sie sind hohl und besitzen eine Mündung *x* nach innen, durch welche die Gase und Flammen des Ofens angesogen, wegen der tiefen Lage von *x* mehr auf die Häfen herab- und zuletzt durch *y* ins Freie geführt werden. Soweit sind nur Abzüge vorhanden, welche etwas höher liegen als die Arbeitslöcher, aber der Glasofen hat noch keinen eigentlichen Kamin, wie man ihn doch sonst für Steinkohlen für unentbehrlich hält. Oefen mit bedeckten Häfen.

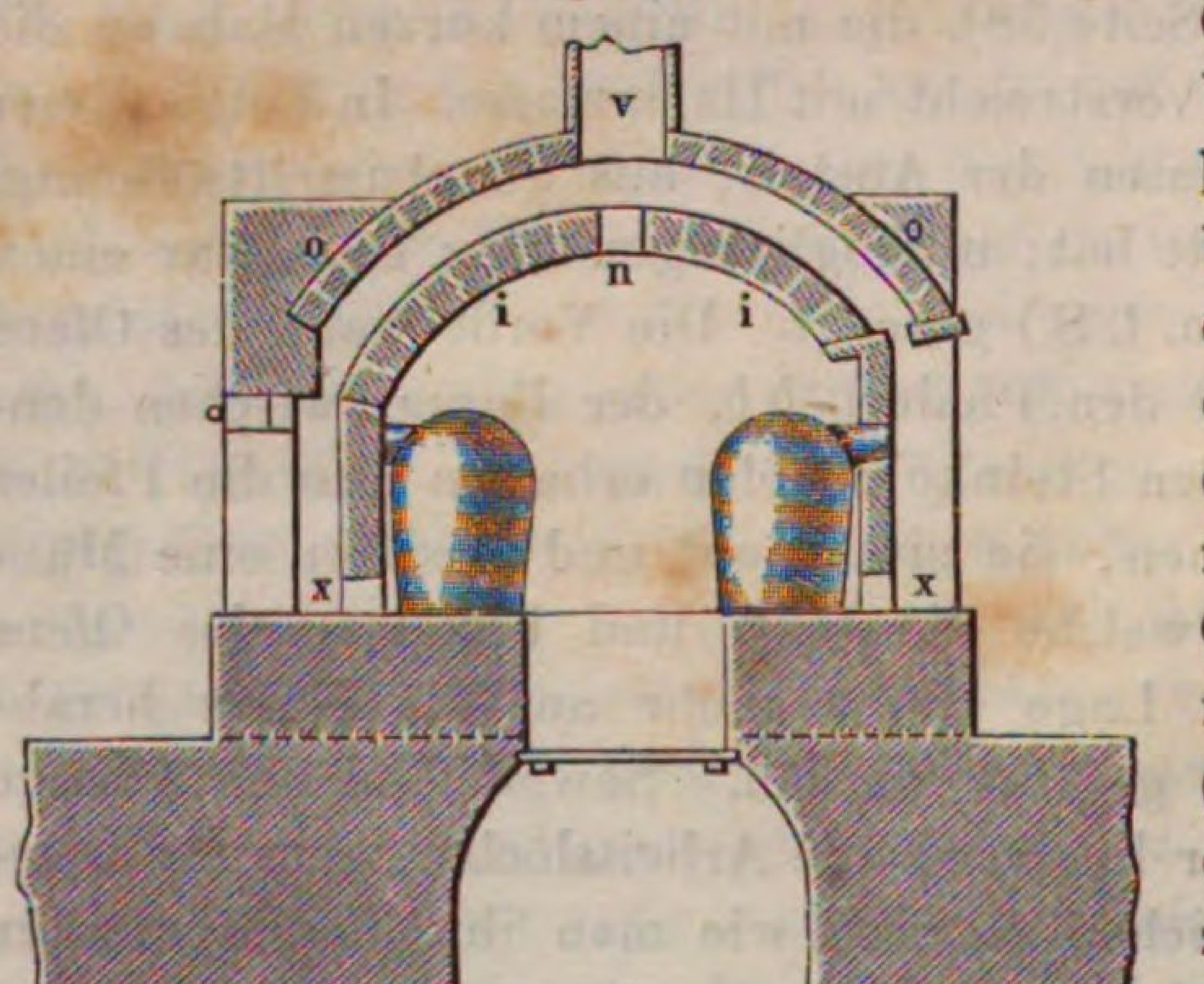
Kamine. Die Anwendung von Kaminen ist darum meist ganz verbannt oder nur unter gewissen Umständen zugelassen, weil sie sich schlecht mit den ersten und wichtigsten Anforderungen des Glasofenbetriebes vertragen. Bei sämmtlichen Oefen mit offenen Häfen, also auch freien durch die Häfen nicht geschlossenen Arbeitsöffnungen, würde der Zug des Kamins durch diese Oeffnungen gebrochen, er würde kalte Luft von aussen durch diese Oeffnungen in den Ofen einsaugen und ihn bis zur Störung des Betriebes abkühlen. Ausserdem ist der Kamin ungünstig für die gleichmässige Ver-

Fig. 17.



theilung des Feuers und Hitzgrades im ganzen Arbeitsraum. Ein Kamin hat das natürliche Bestreben, die Flamme nach dem Punkte zusammenzuziehen, an welchem es die heissen Gase aufnimmt. Nehmen diese Gase, wie bei dem einfachen Glasofen, ihren Austritt aus den Arbeitsöffnungen, so theilt sich die Flamme ebenso oft und breitet sich nach ebenso vielen Richtungen aus, als solche Oeffnungen vorhanden sind. Wo man Kamine zum Verstärken des Zuges anwendet, wie bei den Bleikrystallöfen des englischen Systems mit bedeckten Häfen, tritt deshalb der Kamin in eine nur sehr mittelbare Verbindung mit dem Ofen, wie Fig. 18. Die Flamme nimmt ihren Ausweg, theils (wie in der vorigen Figur) durch acht Oeffnungen x, x zwischen den Häfen am Fuss der Seitenwand, theils durch

Fig. 18.

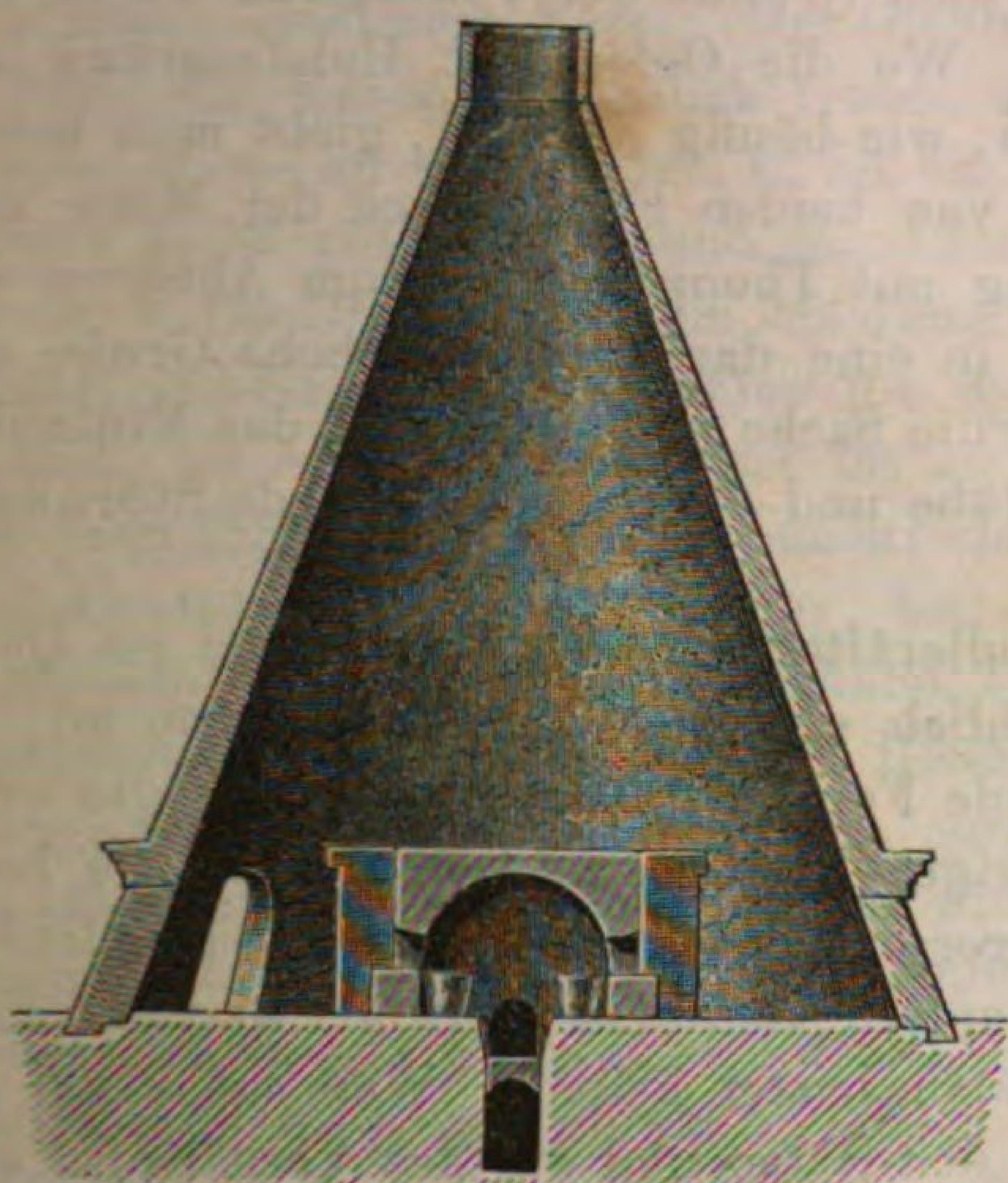


eine Mittelöffnung *n* im Gewölbe *i i*. Die sonach in neun Zungen austretenden heissen Gase werden durch ein zweites höher liegendes Gewölbe *o*, *o* gesammelt, welches durch einen Kanal *u* mit einem gewöhnlichen Kamin in Verbindung steht.

Howels.

Ein anderes ebenfalls in England gebräuchliches Auskunftsmittel zur Verstärkung des Zuges sind die sogenannten „*howels*“, Fig. 19. Ein weiterer kegelförmiger Mantel umgiebt den Glasofen, als eine Verschmelzung von Kamin mit dem Hüttengebäude selbst. Thüren am Umkreis vermitteln gleichzeitig den Verkehr und den Luftzug. Dieser ist so lebhaft, dass man der einströmenden Luft beim Oeffnen der Thüren eine gewisse Kraft entgegensetzen muss. Obwohl zwischen diesen „*howels*“ und dem Ofen keine feste Verbindung besteht, so befördern sie doch den Zug des letztern entschieden und machen ihn namentlich unabhängig von dem Wetter und dessen Schwankungen.

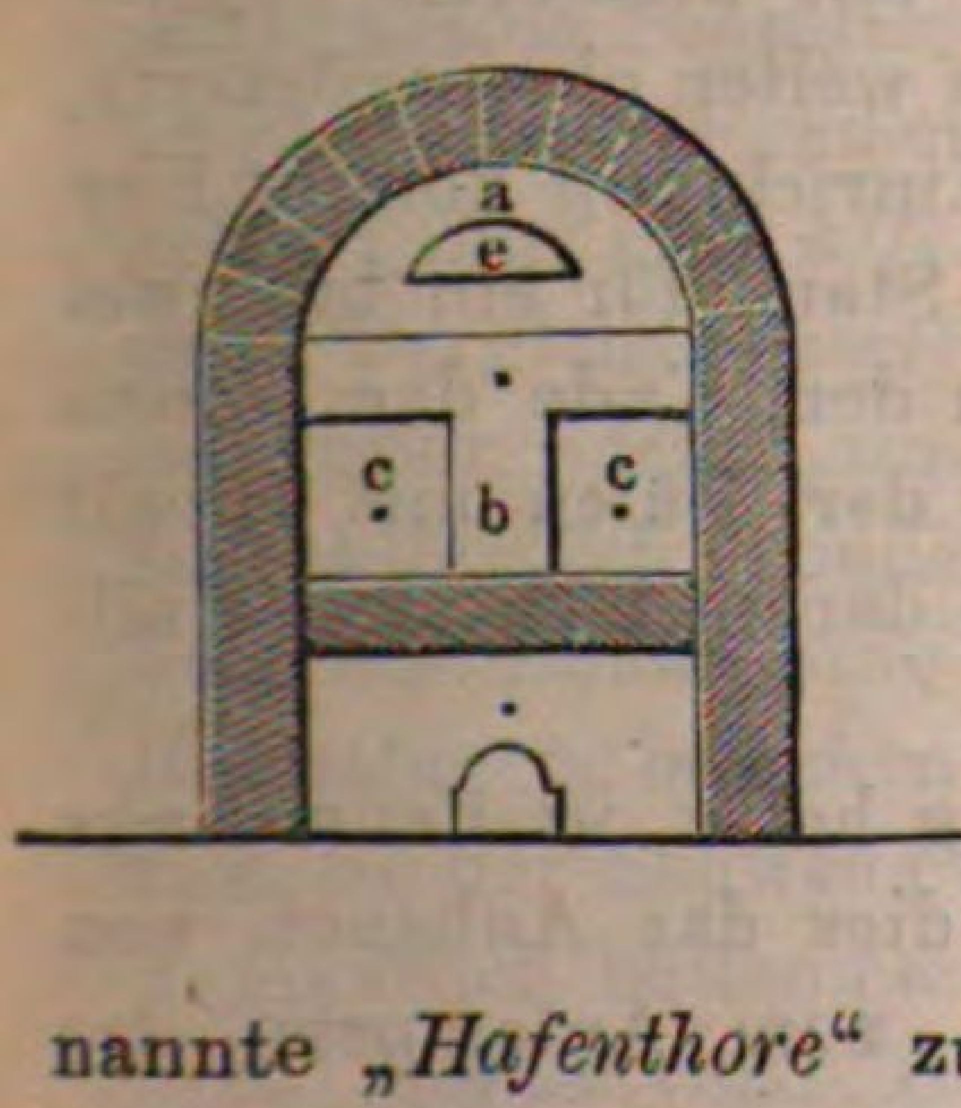
Fig. 19.



Hafenthore.

Auch unter den günstigsten Umständen dauern die Häfen, wie schon oben bemerkt, niemals so lange als der Ofen. Das Auswechseln der Häfen während des Betriebs ist daher überall ein nothwendiges in kürzeren oder längeren Fristen wiederkehrendes Uebel, für welches Vorsorge getroffen sein muss. Bei den mit Holz betriebenen Oefen der alten Art, Fig. 20, fällt die Oeffnung zum Ein- und Ausbringen der Häfen mit den beiden Feuerungen zusammen. Diese Oeffnung ist weit genug, um einen Hafen liegend zunächst in die Tonne einzuführen, von wo man ihn dann aufhebt und mit Hülfe der Arbeitsöffnungen auf die Bank stellt; umgekehrt verfährt man beim Austragen der Häfen. Abgesehen von diesen Auswechslungen ist die Oeffnung für den laufenden Betrieb mit vier Thonplatten *a*, *b*, *c c* (Fig. 18) dicht verschlossen; in der obersten halbrunden Platte befindet sich die Schüröffnung *e* zum Einschieben der Holzscheite. — Der Weg durch Feuerung und Tonne ist ein unbequemer und schwieriger Umweg; man hat daher bei grösseren Oefen, namentlich mit Steinkohlenfeuer, wo die Tonne weniger frei ist, besondere sogenannte „*Hafenthore*“ zum Auswechseln der Häfen. Entweder dienen dann

Fig. 20.



die Füllungen der Nischen (Fig. 17) als Hafenthore, oder es sind in Ermangelung der Nischen ein oder zwei besondere Hafenthore in gleicher Lage angebracht. Bei bedeckten Häfen sind solche Thore ganz unentbehrlich, sie müssen jederzeit gross genug sein, um den Hafen aufrecht durchzulassen.

Heerdglas. Durch Uebersteigen beim Schmelzen, durch Verzetteln dabei und beim Ausarbeiten, zumeist durch das Reissen der Häfen gelangt eine nicht unbeträchtliche Menge Glas aus den Häfen in den Ofen selbst, wo es von den höheren Stellen nach den tieferen abfliesst, „*Heerdglas*". Bei den Holzöfen sammelt es sich auf dem Grunde der Tonne, von wo es von Zeit zu Zeit ausgeschöpft wird. Wo die Oefen mit Holzfeuerung auf einem Gewölbe (wie Fig. 8) stehen, wie häufig der Fall, giebt man besser den Grund der Tonne ein Gefäll von beiden Enden nach der Mitte und bringt am Tiefpunkt eine Oeffnung mit Thonpfropf an zum Ablassen des Heerdglases durch jenes Gewölbe in eine darunter befindliche Grube mit Wasser. Bei Steinkohlenfeuer ist die Sache misslicher und das Einlaufen von Heerdglas zwischen die Roststäbe und daraus erwachsende Störungen schwerer zu verhindern.

Gestalt der Oefen. Während die Glasöfen der allerältesten Gestalt kreisrund im Querschnitt waren, nahmen sie allmählich eine mehr längliche Form an, sei es oval oder rechteckig. Die runde Form ist selten geworden; die ovale (deutsche Oefen) und die viereckige (französische Oefen) sind die herrschenden. In der That liegt kein grosses Gewicht auf dieser Verschiedenheit und kann keine von beiden als die entschieden bessere erklärt werden. Eine völlig gleiche Erhitzung aller Häfen leistet keiner. Weit mehr als auf die Form, kommt auf die Grösse der Häfen und auf das Verhältniss vom Rauminhalt des Ofens zur Menge des Glases an, die darin geschmolzen und bearbeitet werden kann. Grosse Oefen bedürfen für gleiche Erzeugung an Glas bedeutend weniger Zeit und erheblich weniger Brennstoff. Die Werthe, die ein Ofen erzeugt, stehen nicht oder nicht allein im Verhältniss zum Gewicht des erzeugten Glases, sondern auch zu der Natur der daraus gewonnenen Waaren. Manche Waaren bedürfen für gleichen Werth viel Glas (z. B. Tafelglas), andere wenig Glas (z. B. Hohlglas, kleinere Gattung). Deshalb ist man in dem einen Falle geradezu genöthigt, grössere Oefen zu betreiben und kann sich im andern Fall mit kleineren begnügen. Eine bezüglich der Steinkohlenfeuerung schon weiter oben erörterte, auch bei Holzfeuerung nicht ganz ungewöhnliche, Einrichtung kommt hier mit in Betracht: Ueberwölben der Feuerung, um Stand für ein bis zwei weitere Häfen zu bekommen, indem die Bänke an dem Ende der Tonne in Verbindung stehen. Bei dem grossen Gewicht der Häfen mit Inhalt hat diese Einrichtung auch ihr Missliches und ist darum keineswegs allgemein geworden.

Eine Gewohnheit, die früher durchaus Geltung hatte, ist neuerdings mehr und mehr in Abnahme gekommen; es ist dies das Anbauen von Nebenöfen (zum Calciniren des Sandes u. s. w.; zum Antempern der

Häfen, auch zum Kühlen der Waare) an den Hauptofen. Sie bezweckten die Ausnutzung des Feuers, hinderten aber auch vielfach die vollkommene Wirkung desselben.

Material.

Bis jetzt hat man von natürlichen Bruchsteinen bei Glasöfen kaum Gebrauch gemacht, und wo es geschehen, sie weniger beständig und haltbar gefunden als den feuerfesten Thon, der das ausschliessliche Material zum Ofenbau ist. Dasselbe giebt, wie Eingangs erwähnt, mit dem gehörigen Versatz an Charmotte (etwa 2 Thle. auf 3 Thle. Thon) die zu verarbeitende Masse, von gleicher Beschaffenheit wie die zu den Häfen, nur von etwas gröberem Korn. Die Ofenmasse kann in dreierlei Zuständen angewendet werden; nemlich frisch, getrocknet und gebrannt. Da die frische Masse an sich bindet, so ist ein den Mörtel vertretendes Zwischenmittel nicht nothwendig und ein Ofen aus frischer Masse besteht nach seiner Vollendung aus einem einzigen fugenlosen Stück. Je weicher die Masse, je besser bindet sie, aber um so weniger vermag sie sich selbst zu tragen, sie muss schichtenweise bis zu einem gewissen Grad abtrocknen, ehe man fortfahren kann zu bauen; das Ganze, eine Masse von 600 bis 800 Centner Thon und oft mehr, bedarf unverhältnissmässig Zeit (2 bis 4 Monate) zum endlichen Abtrocknen, ehe man ans Anfeuern denken kann; rascheres Trocknen bewirkt nur Risse, die bei der ungleichen Schwindung ohnehin kaum zu vermeiden, sorgsamste Nachbesserung erheischen. Endlich hat ein Ofen aus frischer Masse im Feuer die ganze Schwindung noch durchzumachen. Der Ofenbau durchaus aus frischer Masse ist daher heutzutage, wo die Zeit zu kostbar geworden, aufgegeben. Beim Bau mit Steinen aus gebrannter Masse hat man den Vortheil der bereits gemachten Schwindung voraus. Dagegen haben solche Steine am wenigsten passende und am schwierigsten passend zu machende Fugen, und bedürfen einen Mörtel zum Ausfüllen (Schlamm von derselben Thonmasse), einen Mörtel, der aber durch Trocknen und Feuer immer nachschwindet und sehr mangelhaft bindet. Bei Porzellanöfen u. s. w., die man nach jedem Brande betreten und in den Steinfugen nachbessern kann, ist dies kein Einwand von Belang, aber bei dem Glasofen ein grosser. Getrocknete Steine halten mehr die Mittellinie: sie haben mit den gebrannten den Vortheil des im Voraus gegebenen, dem Riss des Ofens angepassten Schnitts, der im Voraus vollzogenen Trocknung, also Gewinn an Betriebszeit, gemein. Der Bau eines Glasofens mit getrockneten Steinen nimmt nur 1 bis 1 $^{1}/_{2}$ Monat Zeit in Anspruch. Getrocknete Steine binden ohne Vergleich besser mit dem Thonmörtel, schwinden aber natürlich noch im Feuer nach. Am zweckmässigsten hält man sich an keins von beiden ausschliesslich, sondern trifft die Wahl nach der Natur der Ofentheile. Für die Bänke, die aus grossen plattenartigen Steinen mit liegenden Hauptfugen bestehen, sind gebrannte Steine das beste; für Theile, die sich in der Schwebe halten müssen oder weniger flach gelagert sind, so namentlich Seitenmauern, Arbeitslöcher und Gewölbe, zieht man getrocknete Steine vor. Gewölbe werden auch wohl noch aus frischer Masse

geschlagen. Ofentheile, die nicht mit dem Feuer in Berührung kommen und somit keine Gelegenheit haben, sich nachträglich zu brennen, müssen selbstverständlich immer aus gebrannten Steinen hergestellt werden, der Feuerkanal z. B.

Steinschnitt. Von grosser Wichtigkeit ist der Schnitt der Steine. Zerlegt man die Mauer in möglichst wenige grosse Stücke, so hat man natürlich am wenigsten Fugen, aber ganz grosse Thonstücke trocknen von innen zuletzt zu schwer und schwinden ungleich. Wenn die Steine einigermassen abgetrocknet und fester geworden sind, bessert man die Flächen mit einem breiten schneidenden Eisen nach; beim Aufmauern bringt man die Fugen, durch Abreiben der zugehörigen Flächen mit Sand, völlig passend und indem man Schlicker aufgiesst und auch mit diesem etwas gegeneinander reibt, zum völlig dichten Schluss. Ist man mit dem Bau bis zur obersten Steinzeile der Bänke aufgestiegen, so sind gewisse Vorschriften zu beachten. Nach dem Anfeuern und im Betrieb empfängt die Bank von der Tonne aus das meiste Feuer, von aussen keins; sie wird nach innen stärker schwinden, nach aussen kaum, also gegen die Tonne abschüssig werden. Deshalb giebt man den Deckplatten der Bänke eine leichte Neigung nach aussen, und zwar mehr als jener Schwindung entspricht. Indem so die Bank etwas gegen die Arbeitsöffnung geneigt bleibt, giebt sie dem Hafen einen festern und für den Arbeiter bequemern Stand. Es ist ferner Regel, die Fugen der Deckplatte so zu richten, dass sie gerade unter, nicht zwischen die Häfen fallen. — Je flacher das Gewölbe, je mehr wird es die Flamme auf die Häfen zurückwerfen, man macht es daher so niedrig als mit seiner Festigkeit vereinbar; bei grossen Oefen, die grössere Spannung bieten, können sie verhältnissmässig nicht so flach gehalten werden. — Das Anfressen des Gewölbes durch die alkalischen Dämpfe bildet zähes, meist missfarbiges Glas, welches leicht in die Häfen herabtropft und das Glas verunreinigt. Flache Gewölbe bieten dazu natürlich mehr Anlass, steile weniger.

Grösse. Die Grössenverhältnisse der Glasöfen sind das Ergebniss Jahrhunderte alter Erfahrung, welche in den meisten Gegenden Deutschlands durch eine besondere Art auf Ofenbau in den Hütten umherreisender Werkleute fortgepflanzt wird. Grosse Actienunternehmungen haben natürlich ihre eigenen Bauleute zu Oefen, so die Spiegelgiessereien in England und Frankreich, die „Vereinigten Hütten der Loire und Rhone" daselbst, die allein 30 Oefen für Hohl- und Tafelglas betreiben. Die meisten Ausmasse des Ofens sind mit den Häfen gegeben: ihr Durchmesser bestimmt die Breite der Bank, Durchmesser und Anzahl die Länge der Bänke. Die Weite der Tonne ist entweder dem Durchmesser der Häfen gleich *), oder kleiner, aber immer grösser als der Halbmesser.

Die Weite der Häfen und der Tonne zusammen, bestimmt als Spannung des Gewölbes dessen Form. Die Tiefe der Tonne hängt zumeist

*) Wo die Tonne zum Auswechseln der Häfen dient.

von der Natur des Brennstoffs ab und wechselt von 6 bis etwa 10 Decimeter.

Senkrecht auf die Aussenwand bringt man zwischen den Arbeitsöffnungen flügelartig die sogenannten „Schirmmauern“ zum Schutz der Arbeiter gegen die benachbarten Arbeitsöffnungen an.

Diese Schirmmauern, dann die Thonplatte als Thüren, namentlich vor den Arbeitsöffnungen („Vorsätze, Kuchen“), gehören zu den weiteren Zubehörden des Ofens.

Wärmeverlust.

Die schwache Seite der Glasöfen liegt offenbar im Zusammenhalten der Wärme. Von vorn herein ist die Ausdehnung der Ofenwände im Verhältniss zu dem erzeugten Glase gross, einen halben Quadratmeter und darüber auf den Centner Glas. Diese Wände sind zum Theil sehr dünn, insofern sie beim Wechseln der Häfen öfter aufgebrochen werden, oder nur mit Platten zugestellte Oeffnungen sind; die Wände umfassen ferner eine Menge Oeffnungen für den laufenden Betrieb, die gar nicht oder nur theilweise geschlossen werden. Endlich sind die Gewölbe selbst, weil sie zugleich ihrer eigenen Schwere und dem Feuer widerstehen sollen, durchweg leicht angelegt; man liebt es nicht, sie mit einem Material zum Zusammenhalten der Wärme zu belasten.

Oefen mit Generatoren.

Die Kunst, aus geringwerthigen Brennstoffen durch Verwandlung in Heitzgase mittelst Generatoren ein eben so reines Feuer zu erzielen, als mit Holz, versprach von vorn herein für den Betrieb der Glasöfen grosse Vortheile. Bei der Leichtigkeit, die Heitzgase in einer vollkommen regulirten Flamme ohne den mindesten Luftüberschuss zu brennen, war es in der Praxis möglich, damit die für die Schmelzung des Glases erforderliche Temperatur, wenigstens bei nicht zu strengflüssigen Sätzen, zu erreichen, wenn dies auch nicht immer gut gelingen wollte und die Schmelzzeit sich in einzelnen Fällen bis zu 45 Stunden hinauszog. Es haben sich namentlich Schinz, Venini und Bellford mit Erfolg um die Einführung der Generatorgase in den Glasbetrieb bemüht. Die Vortheile liegen nach mehreren Seiten. Insofern Luft und brennbare Gase mit einem Gebläse in den Ofen getrieben werden, hat man eine weit billigere Zugkraft, als bei dem gewöhnlichen Glasofen, ohne dass Abkühlung durch Einsaugen von Luft durch die Arbeitsöffnungen droht, wie bei den Kaminen; dabei ist die Benutzung der abfallenden Wärme zu Nebenzwecken bedeutend erleichtert. Man hat die Erhaltung des richtigen Verhältnisses zwischen Brenngas und Luft ungleich fester in der Hand, als bei gewöhnlichem Feuer, reducirende Flammen fallen völlig weg, während der stossweise Gang des Feuers einem regelmässigen, stetigen Platz macht. Feuerungen, Rost u. s. w. liegen nicht mehr im Hauptofen; damit fallen viele Beschwerlichkeiten beim Schüren weg, auch behindert die Feuerung nicht mehr die Sammlung und Ableitung des Heerdglases. Nachtheile sind: Unreinheit der Flamme durch Asche etc. bei ungünstiger Beschaffenheit der Brennstoffe; bei ungeschickter Handhabung der Gasfeuerung die Möglichkeit von Explosionen; endlich die Schwierigkeit, die

Oefen mit Generatoren.

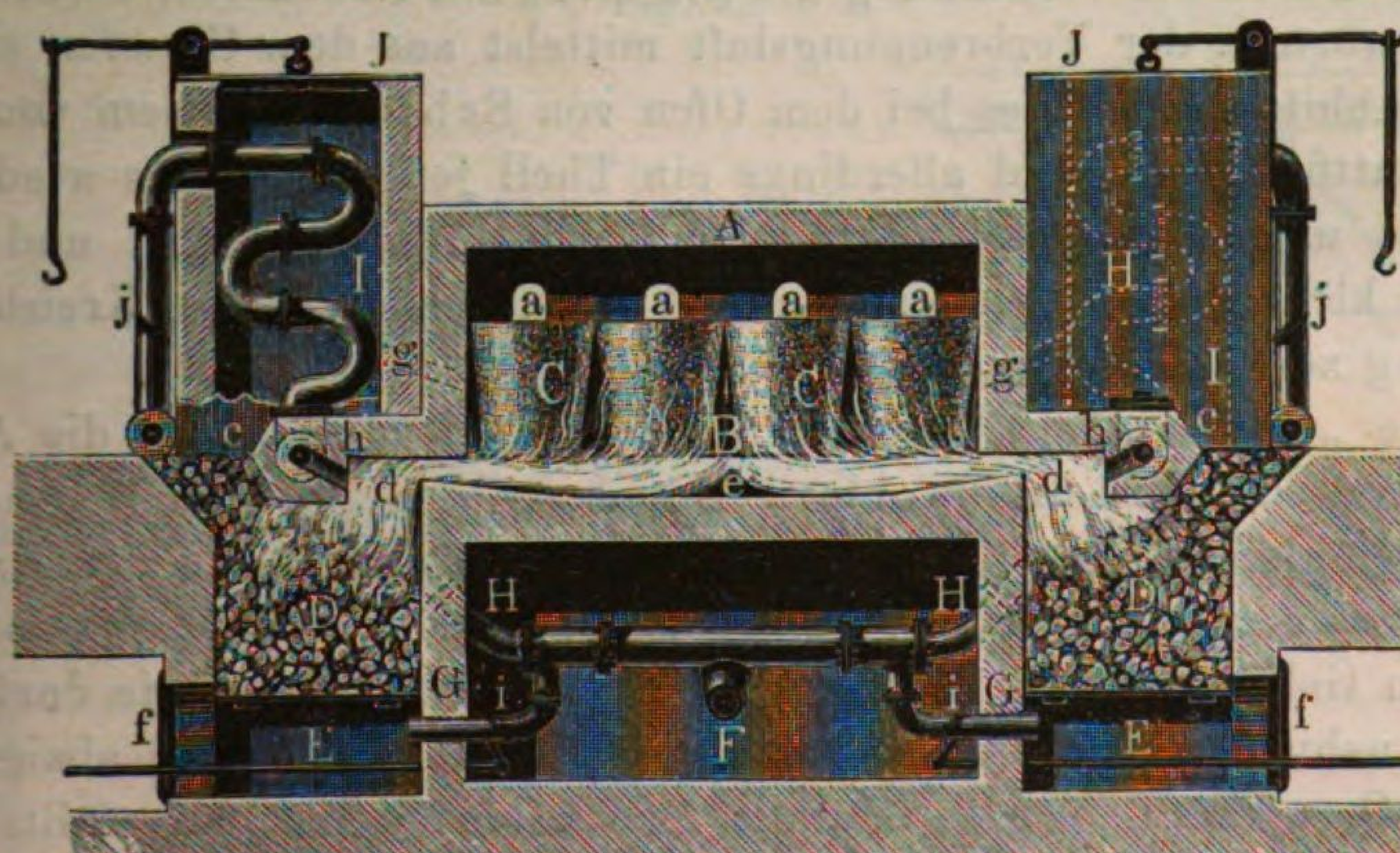
Temperatur auf die zum Schmelzen und Läutern des Glases erforderliche Höhe zu bringen. Schinz hat bei seinem zur Feuerung mit gasförmigen Brennstoffen berechneten Ofen der Besorgniss vor unzureichender Schmelzhitze durch eine besondere abweichende Einrichtung Ausdruck gegeben. Während sonst die Flamme in einem mittlern Raume zwischen zwei seitlichen Bänken und Häfenreihen spielt, ist hier eine einzige mittlere Bank mit einer Reihe Häfen, auf welche die Flammen von beiden Seiten wirkt; eine beträchtliche Verminderung der Beschickung des Ofens, freilich bei sehr verbesserter Zufuhr von Hitze zu den Häfen. Dazu kommt die Unbequemlichkeit für den Arbeiter, dass sein Hafen nicht mehr dicht an der Arbeitsöffnung, sondern von dieser durch Feuergänge (Tonnen) getrennt steht; der Weg von aussen zu dem Glase im Ofen ist weiter, der Hafen ist schwerer zu sehen.

Bei der Gasfeuerung werden die in den Generatoren erzeugten Gase durch Röhren oder Kanäle in den Glasofen geleitet, ebenso die zur Verbrennung erforderliche atmosphärische Luft. Die Lage der Ausmündungsröhren, also der Stellen, wo die Flamme ihren Ursprung nimmt, ist von grossem Einfluss für den Erfolg; besonders entscheidend ist die senkrechte Höhe, in der sie angebracht sind. Das Reguliren der Flamme ist durch Klappen, Ventile und Hähne verhältnissmässig leicht gemacht. Man hat sogar, wie bei dem Ofen von Schinz, selbstthätige Regulatoren: die aus dem Ofen in einen besondern Raum austretenden Gase wirken auf eine lange Metallstange, die sich mit dem Wechsel der Temperatur dieser Gase (also auch des Glasofens selbst) ausdehnt und zusammenzieht und auf diese Weise ein damit zusammenhängendes, den Luftzutritt bestimmendes Ventil mehr oder weniger öffnet oder schliesst. Als Regel gilt, nicht mehr Luft zuzulassen, als eben zur Verbrennung der Generatorgase erforderlich. — Schon bei gewöhnlichen Glasöfen mit Steinkohlenbetrieb ist, bei ungünstig geartetem Brennstoff, die Einmengung von Flugasche und dergleichen zuweilen in dem Grade erheblich, dass man es vorzieht, nur beim Schmelzen mit Steinkohle zu feuern, dagegen während der Verarbeitung des Glases, wo eben jene Unreinheit der Flamme doppelt lästig fällt, mit Holz. Dass bei dem Betrieb von Generatoren, wo ein Luftstrom durch die engen Zwischenräume einer mächtigen Schicht von Brennmaterial mittelst des Gebläses gepresst wird, Asche u. s. w. in stärkerm Masse noch von dem Gasstrom mitgerissen wird, liegt auf der Hand. Das einfachste, unter anderen auch bei dem Schinz'schen Ofen angewendete Mittel gegen diesen Uebelstand besteht darin, dass man den Gasstrom nicht unmittelbar, sondern durch einen gebrochenen Kanal mit auf- und abwärts gehenden Schenkeln in den Ofen führt. Oder man leitet den Gasstrom zuerst durch eine weite Vorkammer in den Ofen; in dieser Vorkammer verliert er beträchtlich an Geschwindigkeit, wodurch es den Staubtheilen möglich wird, sich abzusetzen. Es bedarf kaum der besondern Hinweisung, dass mit dem Reinigen des Gasstroms in der einen oder andern Art unvermeidlich eine gewisse Abkühlung des Gases,

also ein entsprechender Verlust an Verbrennungshitze verbunden ist. Dieser Verlust muss ungleich bedeutender sein, wenn man, wie bei Venini's Ofen, die Gase mittelst eines Sprühregens von Wasser reinigt, um so mehr, als dann eine reichliche Verdunstung von Wasser abermals Wärme absorbirt. Der Generator dieses Ofens ist mit einem Gemenge von mageren ($^2/_3$ bis $^3/_4$) und fetten Kohlen ($^1/_3$ bis $^1/_4$) gespeist, welches sich in Bezug auf Flugasche sehr gutartig zu verhalten scheint, dergestalt, dass nach dem Patent die Reinigung der Gase während des Schmelzens ganz unterbleibt, nur während des Ausarbeitens, also während des Zeitabschnittes vorgenommen wird, der im Ofen ohnehin nur einen mässigen Hitzgrad zulässt. Für Braunkohlen, Torf u. s. f., für welche die Gasfeuerung gerade am meisten berufen ist, wird das Reinigen immer unerlässlich sein. Oefen mit Generatoren;

Bei dem ziemlich einfachen Ofen von **Bellford**, Fig. 21, empfängt der nach gewöhnlicher Art eingerichtete Arbeitsraum mit zwei Bänken *B* zu je vier Häfen *C*, mit den Arbeitsöffnungen *a* und der Tonne *e* in der Mitte, die brennbaren Gase aus dem Generator ganz unmittelbar, ohne alle Vorrichtung zum Reinigen. Es ist also wohl eine wenig oder nicht staubende Kohle mit etwas sinternder Asche vorausgesetzt. Der Brennstoff befindet sich in den beiden 3 bis 5 Fuss tiefen Schächten *DD* mit Bellford's

Fig. 21.



Rosten, links und rechts vom Glasofen. Diese Schächte *D* haben eine Oeffnung *cc* zum Zubringen der Kohlen, die stets gefüllt erhalten wird, so dass die entwickelten Gase nach dieser Seite nicht austreten können. Auch die Thüren zum Aschenfall sind — die Fälle abgerechnet, wo Nachsicht am Rost zu pflegen ist — hermetisch geschlossen. Der von dem Gebläse durch das Rohr *F* herkommende Windstrom geht durch *HH* nach rechts und links und theilt sich an jeder Seite gabelförmig in je zwei Ströme. Der eine speist den Generator und tritt abwärts durch den

Oefen mit Generatoren;

Schenkel G in den geschlossenen Aschenfall E unter dem Rost; er wird durch die Ventile $i\,i$ und dessen Zugstangen f, f vor dem Aschenfall regulirt. Bei dem Durchgang dieses Luftstroms durch die im Schacht gehäuften brennenden Kohlen entwickeln sich die Gase, die durch den einzigen ihnen zu Gebote stehenden Ausweg d, d sofort in die Tonne treten. Dicht vor d, d treffen die Heitzgase mit einem zweiten zu ihrer vollständigen Verbrennung erforderlichen Luftstrome zusammen. Dieser Luftstrom ist die andere Abzweigung aus dem Gebläserohr H, er nimmt seinen Weg zunächst durch die Verlängerung von H aufwärts nach den Kammern zum Vorwärmer $J\,J$ und gelangt von da als heisse Luft durch $h\,h$ zu den brennbaren Gasen. Die Heitzung der Luft erfolgt von dem Glasofen aus durch die Füchse $g\,g$ und wird durch die Klappen $j\,j$ auf den Vorwärmern regulirt.

Alle mit der Gasfeuerung verbundenen Ersparnisse liegen ausschliesslich auf der Seite der Erzeugung der Flamme, keineswegs auf Seite ihrer Ausnutzung für den Glasofenbetrieb selbst. Indem die Flamme ihre Verbrennung mittelst der zugemischten Luft zum Abschluss bringt, erhält sie den Glasofen und seinen Inhalt auf der höchsten Rothglut; aber mit der gleichen, oder doch einer nicht viel geringern Temperatur, entweichen die Verbrennungsprodukte auch nutzlos durch die Arbeitsöffnungen. Die Oefen mit Gasfeuerung haben an und für sich diesen enormen Verlust an Wärme mit dem gewöhnlichen Glasofen, überhaupt mit allen Glühfeuern gemein. Durch die Verbindung des Glasofens mit Nebenöfen, ebenso durch das Vorwärmen der Verbrennungsluft mittelst aus dem Glasofen entnommener Abhitze — wie es bei dem Ofen von Schinz und dem von Bellford stattfindet — wird allerdings ein Theil jenes Verlustes wieder eingebracht und vortheilhaft verwendet, indem dieser Theil, und es ist nur ein kleiner Theil der verlorenen Wärme, wieder in den Kreislauf der Heitzung zurückkehrt.

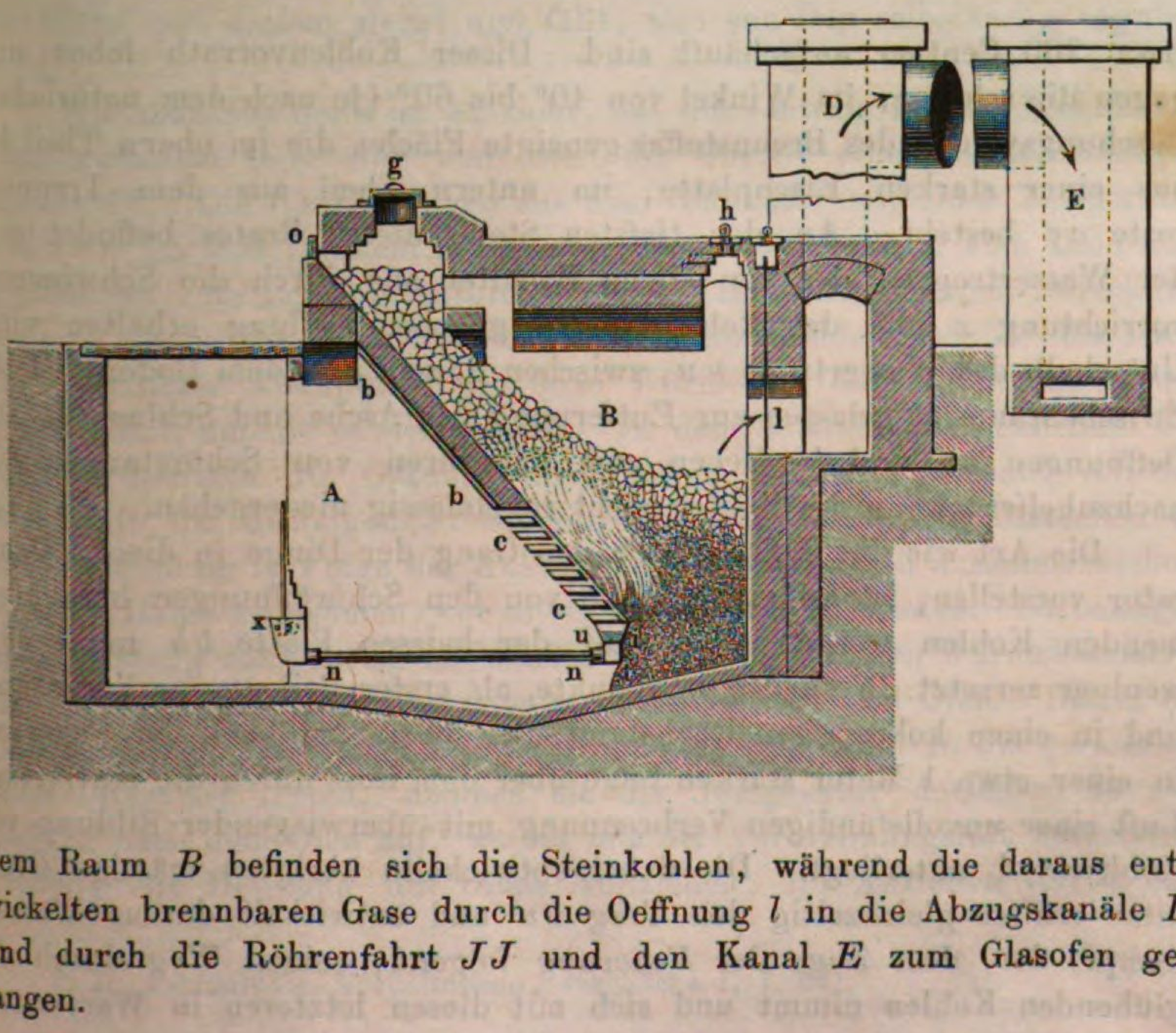
Siemens' Regenerator.

Die „*Regeneratoren*“ von C. W. und F. Siemens sind die Ausführung des Gedankens die in obigem Sinne verloren gehende Wärme nicht zu einem kleinen Theil, sondern in grossem Massstabe in den Kreislauf der Heitzung zurückzuführen. Das Grundsätzliche davon ist bereits bei einer früheren Gelegenheit (I. 1. 323) erläutert worden. Ganz wie dort angegeben, nehmen auch beim Glasofenbetrieb die aus dem Ofen abziehenden heissen Gase ihren Weg durch mit feuerfesten Steinen angefüllte Kammern, wo sie ihre Wärme abgeben. Die Masse dieser Ausfüllung der Kammern dient nur als ein Vorrathsbehälter zum Aufspeichern und nach dem Aufspeichern zur weitern Benutzung der wiedergewonnenen Wärme. Diese Wiederbenutzung besteht in dem Vorwärmen, aber nicht bloss der Verbrennungsluft, sondern auch der zur Verbrennung in den Generatoren erzeugten Gase. Indem die in den Kammern aufgehäuften Steine (bis auf die unvermeidlichen Betriebsverluste) die Temperatur der abziehenden Gase aus dem Glasofen annehmen, wird diese volle Temperatur auch auf die vorzuwärmenden Gase und Luft übertragen, die deshalb mit einer sehr hohen Temperatur (etwa 1500°) in den Glasofen treten.

Selbstverständlich erheischt die doppelte Vorwärmung auch doppelte Vorrichtungen und da jedes Gas zur Vorwärmung schon für sich, des Wechsels wegen, zwei Kammern bedarf, so sind am Siemens'schen Glasofen mithin allemal vier Kammern in Thätigkeit. Nimmt man dazu die Generatoren, die Leitungsröhren und Kanäle, die Vorrichtungen zum Umstellen der Gasströme durch Klappen u. s. w., so erhält man das Bild einer in der That sehr verwickelten Aufstellung, bei der die Thätigkeit der einzelnen Theile nur mit ausserordentlichen Schwierigkeiten und mit fortgesetzter Erfahrung in Einklang und regelmässiges Zusammenwirken zu bringen war. Daher die Widersprüche und Anfechtungen, deren Siemens' Regeneratoren im Anfang begegneten, die doch den bedeutendsten Fortschritt der neuern Zeit für die betreffende Gattung von Oefen bezeichnen und alsbald in allen Ländern (Deutschland, England, Frankreich, Belgien) und zwar in den ersten Fabriken eingeführt wurden. Siemens' Regenerator.

Der Generator der Siemens'schen Glasöfen hat besondere Eigenthümlichkeiten: Er entwickelt die brennbaren Gase wie alle Generatoren durch unterdrückte Verbrennung, also unzureichenden Luftzutritt, er zieht wie viele andere auch noch den Wasserdampf zur Mitwirkung zu, aber er kennt weder die Schachtform, noch den Betrieb durch Gebläse. Die Form, Fig. 22 und 23, ist die einer Treppenrostfeuerung mit Kamin. Von dem Raum *A* aus findet die Zufuhr von Luft und Wasser statt; in

Fig. 22.

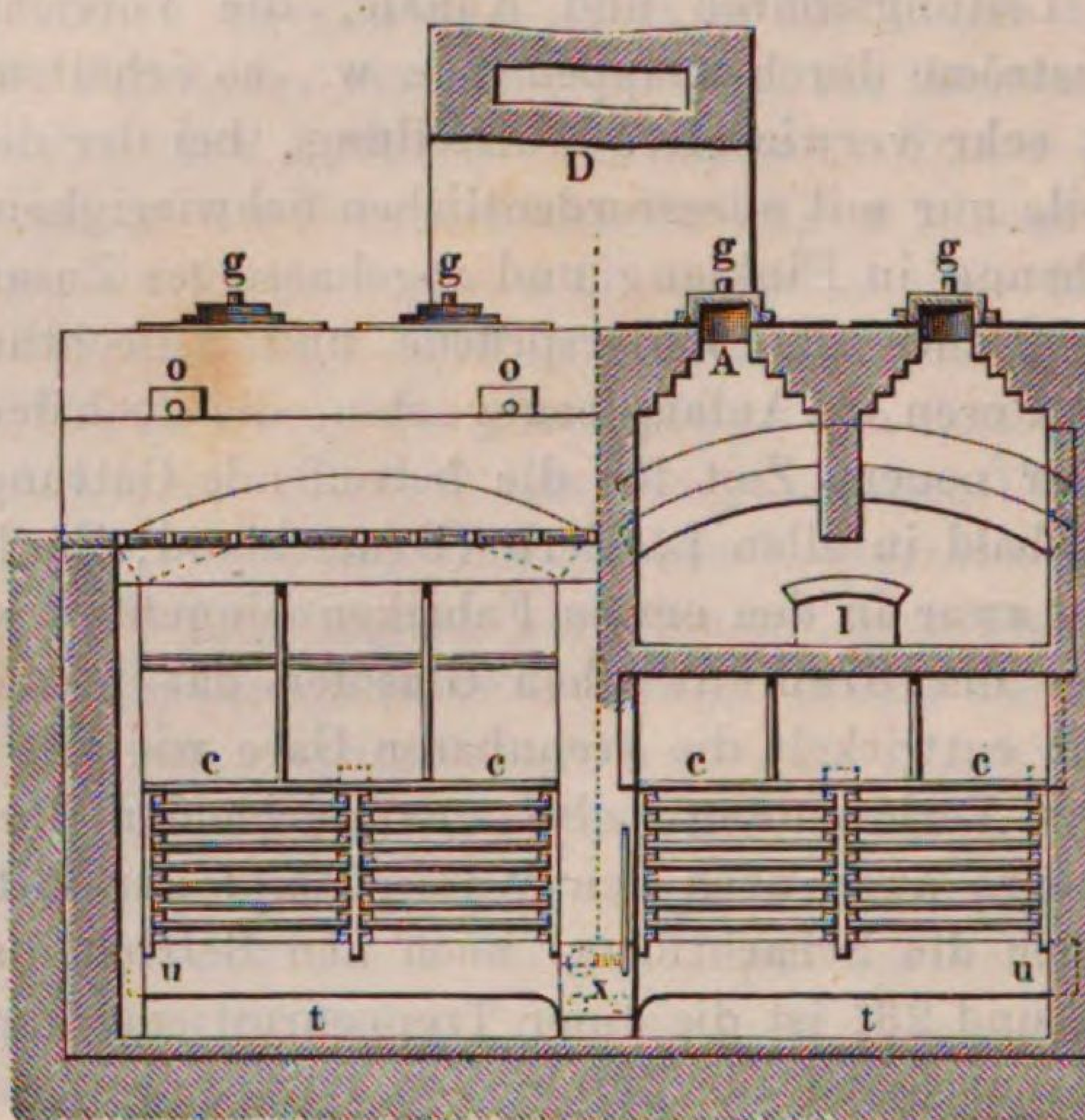


dem Raum *B* befinden sich die Steinkohlen, während die daraus entwickelten brennbaren Gase durch die Oeffnung *l* in die Abzugskanäle *D* und durch die Röhrenfahrt *JJ* und den Kanal *E* zum Glasofen gelangen.

Siemens' Generator.

Die Steinkohle wird in Zeitabschnitten von 6 bis 8 Stunden durch die mit Sturz gedeckten Oeffnungen *g g* aufgegeben und zwar, entsprechend der Ausdehnung des Feuerraums, in solcher Menge, dass darin stets

Fig. 23.



etwa 200 Centner aufgehäuft sind. Dieser Kohlenvorrath lehnt sich gegen die schräge, im Winkel von 40° bis 60° (je nach dem natürlichen Böschungswinkel des Brennstoffs) geneigte Fläche, die im obern Theil *b b* aus einer starken Eisenplatte, im untern Theil aus dem Treppenroste *c c* besteht. An der tiefsten Stelle dieses Rostes befindet sich der Wassertrog *u*, der von einem Behälter aus durch die Schwimmervorrichtung *x* und das Rohr *n n* auf gleicher Füllung erhalten wird. Unterhalb des Wassertrogs *u u*, zwischen diesem und dem Boden, ist ein Zwischenraum *t t* gelassen zur Entfernung der Asche und Schlacken. Die Oeffnungen *o o* und *h* dienen zum Einführen von Schürstangen um nachzuhelfen, wenn die Kohlen nicht regelmässig niedergehen.

Die Art wie die Erfinder sich den Gang der Dinge in diesem Generator vorstellen, ist folgender. Die von den Schüröffnungen herabkommenden Kohlen werden schon auf der heissen Platte *b b* mehr oder weniger zersetzt: in flüchtige Produkte, als erster Beitrag zur Vergasung, und in einen kokeartigen Rückstand, der im untern Theil der Feuerung in einer etwa 1 Meter starken Lage über dem Rost durch die eintretende Luft einer unvollständigen Verbrennung mit überwiegender Bildung von Kohlenoxyd unterliegt. Die dabei entwickelte übrigens mässige Glühhitze erhitzt gleichzeitig den Trog *u u* und entwickelt daraus Wasserdampf, der, dem Zuge der Feuerung folgend, seinen Weg durch die glühenden Kohlen nimmt und sich mit diesen letzteren in Wasserstoff,

Kohlenoxyd und Kohlensäure*) zersetzt. Die aus dem Generator abströmenden Gase sind daher dreierlei Abstammung, sie bestehen aus den durch blosse Wärme aus den Kohlen entwickelten flüchtigen Produkten, aus den Produkten der unterdrückten Verbrennung der Kohle, die jedoch mit dem ganzen Stickstoff der verbrauchten atmosphärischen Luft gemischt sind, endlich aus dem Zersetzungsprodukte des Wasserdampfs mit der Kohlenglut, frei von eingemengtem Stickstoff. Jene Beimengung von Stickstoff wirkt bekanntlich am meisten der Entwicklung einer hohen Verbrennungstemperatur entgegen und ihr verhältnissmässig eingeschränkter Betrag in dem Gasgemenge dieser Generatoren ist schon von vornherein ein günstiger Umstand. Siemens' Generator.

In dem Siemens'schen Generator ist das Gebläse als Vorrichtung zur Luftbewegung unterdrückt; aber auch der Kamin, der den Schluss der ganzen Zusammenstellung bildet und die Stelle des Gebläses zu übernehmen scheint, ist aus der Bestimmung eines Luftzuführers der Hauptsache nach mehr in die eines blossen Ableiters der todten Verbrennungsprodukte aus dem Glasofen zurückgedrängt. Die Kraft eines eigentlichen vollwirkenden Zugkamins würde Luft durch die Arbeitsöffnung in den Glasofen einsaugen und ihn in schädlicher Weise abkühlen. Ein Gebläse erzeugt Flugasche u. s. w., arbeitet zu unabhängig vom Glasofen und hält nicht immer Schritt mit seinem Bedarf an Gas. Die Absicht der Erfinder ist nun eben die, die Luftzufuhr zum Generator an eine Bewegungsursache zu knüpfen, welche in steter Abhängigkeit vom Gasverbrauch des Ofens mit diesem steigt und fällt, also von ihm selbständig regulirt wird.

Wie man aus der Fig. 22 sieht, hat die Leitung für die brennbaren Gase zwischen Generator und Ofen die Gestalt eines zweischenkligen Hebers ⊓. Die Gase kommen aus dem Generator mit einer Temperatur von 150° bis 200°; indem dieser in grösserer Entfernung vom Ofen aufgestellt ist, die Leitung mithin eine beträchtlichere Längenerstreckung besitzt, finden die Gase Gelegenheit sich abzukühlen um 50° bis 100°. Die mit dieser Abkühlung geopferte Wärme ist die eigentliche bewegende Kraft, um die es sich handelt. In dem aufsteigenden Schenkel der Leitung besitzen die Gase in ihrer vollen Wärme eine entsprechende Steigkraft, im absteigenden Schenkel im Gegentheil ein Bestreben zu sinken, weil sie in Folge der Abkühlung unterwegs sich zusammenziehen, weniger Raum einnehmen, vor allem aber schwerer werden. So bewegen sie sich stetig nach ihrem nächsten Bestimmungsort, den Wärmekammern, die darum immer tiefer liegen müssen als Leitung und Ofen. Indem die Gase nun von Stunde zu Stunde wechselnd jedes Mal in die gerade erhitzte Kammer treten, nehmen sie die Temperatur desselben an und steigen nach dem Ofen auf, wo sie mit der Verbrennungsluft zusammentreffen, die Heitzung des Ofens vollziehen, im Abziehen durch eine

*) In wechselnden Verhältnissen, vergleiche I, 1. 621.

Wärmekammer ihre Hitze an diese abgeben und zuletzt mit einer mässigen Temperatur in den Kamin gelangen.

Eine so beträchtliche Masse von Brennstoff, wie sie in den Feuerungen liegt, hält, wenn sie einmal glühend geworden, das Feuer sehr lange. Man kann daher, für den Fall erforderlicher Nachsicht und Ausbesserung, den Feuerraum mittelst der Schieber in den Abzugskanälen 12 Stunden lang schliessen, ohne dass das Feuer erlischt. Zu den Vortheilen der Siemens'schen Generatoröfen im Allgemeinen gehört noch ein wesentlicher Punkt: die Entbehrlichkeit gedeckter Häfen bei Steinkohlenfeuer und Bleikrystall. Die Reinheit der Flamme aus Generatorgasen mit Luft lässt offene Häfen ohne Anstand zu. — Was die specielle Einrichtung der fraglichen Oefen für bestimmte Zweige der Glasfabrikation anbelangt, so wird weiter unten Gelegenheit sein, darauf zurück zu kommen.

Herstellung des Glases.

Das Schmelzen; gewöhnlicher Betrieb.

Allgemeines.

Die Behandlung des Glases, seine Herstellung, mehr noch seine Verarbeitung, erfordert sehr grosse Geschicklichkeit, nicht selten auch grosse Muskelkraft, beide hat der Arbeiter unter dem äusserst erschwerenden Einfluss der umgebenden Glühhitze zu bewähren. Die Aeusserung, der man in Glashütten oft begegnet: nur Leute von Geblüt*), d. h. die von Glasmachern abstammen, — gäben richtige Glasmacher, enthält viel Wahres, denn nur durch unausgesetzte Uebung von Jugend auf können die Griffe und die überlieferte Erfahrung erworben werden. Schon als Kind steht der künftige Arbeiter seinem Vater als Gehülfe, allmählich auch als Lehrling zur Seite, bis seine selbständige Thätigkeit beginnt. Mehr als bei den meisten anderen Gewerbszweigen ruht der Erfolg auf dem Arbeiter, im althergebrachten Betrieb, z. B. des Böhmer Waldes, oft ganz; die Besitzer der Hütten stehen dann der Kunst, die sie mit ihrem Kapital betreiben, gänzlich fern. Was von den Glasmachern im Allgemeinen gilt, gilt nicht weniger von den „*Schmelzern*“ insbesondere, einer Art Vorarbeiter, denen die Herstellung des Glases von der Mischung des Satzes und das Einschmelzen bis zum Ausarbeiten obliegt. Diese in der Regel wenig mittheilsamen Leute, in deren Händen der wichtigste Theil der Glasmacherei gelegt ist, sind im Besitz von mannigfachen und massgebenden Erfahrungen, die längst wissenschaftliche Sammlung, Wahrnehmung und Erforschung verdient hätten.

Einglasen der Häfen.

Ist ein neugebauter Ofen mit gehöriger Vorsicht langsam angeheizt und allmählich auf die volle Temperatur gebracht, so beginnt man mit dem Einsetzen der einstweilen noch leeren, aber angetemperten Häfen.

*) Auch in Frankreich gilt diese Ansicht vielfach, wo man „souffleurs du sang“ und die „corniaux“ (die nicht Abkömmlinge von Glasmachern sind) unterscheidet.

Sind alle an Ort und Stelle und die Hafenthore wieder geschlossen, so folgt das „*Einglasen*". Wollte man nemlich sogleich mit dem Schmelzen von Satz beginnen, so würden die alkalischen Salze, der Kalk u. s. w. den Hafen über Gebühr angreifen. Man schmilzt daher das erste Mal einen Posten blosse Glasbrocken etwa 30 Kilogramme nieder und breitet sie mit dem Spatel über die Oberfläche des Hafens aus; diese überzieht sich dann mit einer fest anhaftenden Schicht Glas, die einen dauernden Schutz gegen jenes Uebel abgiebt. Der Bruch von gebrauchten Häfen zeigt in der Regel einen von der Thonmasse sehr scharf geschiedenen Ueberzug von Glas. Nach dem Einglasen folgt das Niederschmelzen von Satz; bei im Gang befindlichen Oefen natürlich unmittelbar nach der Entleerung der Häfen durch Ausarbeiten. In beiden Fällen werden zuvor die „*Vorsätze*" vor die Arbeitsöffnungen angelehnt, die Feuerung aufgeräumt und die Hitze des Ofens kräftig gesteigert. Einglasen der Häfen.

Der Satz besteht niemals aus den zur Neubildung von Glas bestimmten Gemengtheilen allein, sondern erhält stets einen namhaften Zusatz von Glasbrocken, theils um sie zu Gute zu machen, theils weil sie die Bindung des Restes und den Fluss befördern. Die gröblich gemengte Masse, in Mulden zum Ofen geschafft, wird nun mittelst Kellen allmählich „*eingelegt*". Es versteht sich von selbst, dass das fertige Glas ungleich weniger Raum einnimmt als der Satz, der überdies beim Schmelzen in Folge der Gasentwicklung gerne übersteigt. Zur Füllung des Hafens mit Glas sind daher stets mehrere aufeinander folgende Einlagen von Satz in abnehmenden Mengen erforderlich. Einlegen.

Nach dem dritten höchstens vierten Einlegen ist der Hafen bis zwei oder drei Finger unter dem Rand mit Glas angefüllt. Diesen übrigen freien Raum füllt man am besten und um Zeit zu ersparen nicht mit Satz, sondern auf einmal durch Niederschmelzen von blossen Glasbrocken aus. Während des Niederschmelzens ist für gehörigen Gang und eingreifende Wirkung des Feuers Sorge zu tragen; die Flamme soll aus dem Zwischenraum der Arbeitsöffnungen und der angelehnten Vorsätze gleichsam sternförmig in Zungen getheilt, herausgepresst werden, denn das Schmelzen erfordert einen starken Hitzgrad, insofern das Eintragen von soviel kaltem Satz in Mengen von 30, 40 bis 80 Centner und darüber, die sehr geringe Wärmeleitungsfähigkeit *) des Satzes, dann die reichliche Gasentwicklung bei der Bildung des Glases, eine Masse von Wärme verschlucken. Das Zusammenschmelzen des Satzes geschieht wesentlich vom obern Theil des Hafens, nicht vom Boden aus. Aus der Art, wie der Satz im Hafen niedergeht, lässt sich die Beschaffenheit des Feuers am besten beurtheilen. Der eingelegte kegelartig aufgehäufte Satz schmilzt zuerst vom Hafenrand aus; in der Mitte bleibt die Spitze

*) Sie ist bei Kreide etwa 10 mal, bei Quarz etwa 30 mal geringer als bei Eisen, alles in dichten Stücken. Durch das Zerkleinern wird sie abermals auf 1/5 und mehr heruntergebracht.

des Kegels noch lange sichtbar, bis auch diese endlich zergeht. Der Inhalt des Hafens ist alsdann zwar in Glas, aber vorerst nur in eine lockere, schaumige Masse umgewandelt, die erst allmählich eine dichtere Beschaffenheit annimmt. Es gilt als Regel, immer erst diesen letzteren Zeitpunkt abzuwarten, ehe man einen folgenden Antheil Satz einlegt. Ist man in dieser Beziehung voreilig, so droht Gefahr, dass der eingetragene Satz als ungeschmolzener Klumpen mit Glas umhüllt zu Boden sinkt — und dort liegen bleibt. Das anfangs gebildete ganz aufgeblähte und schaumige Glas trägt nemlich den Satz nicht. Untergegangene Antheile des Satzes sind aber nicht, oder kaum mehr zum Fluss zu bringen, weil der untere Theil des Hafens dazu nicht heiss genug ist, namentlich bei etwas ungünstigem Stand des Feuers. Nur mit Geduld und Zeit ist diese Schwierigkeit zu überwinden. Bei einer Beschickung von 3 Centner für den Hafen z. B. nimmt der erste natürlich auch schwerste Eintrag 6, die beiden folgenden noch je 4 Stunden in Anspruch. Beim Schmelzen entwickelt sich eine beträchtliche Menge von Gas und Dämpfen: Kohlensäure von der Kieselerde, hygroskopisches und chemisch gebundenes Wasser von der Hitze ausgetrieben, schweflige Säure, Kohlenoxyd u. s. f., während im Hafen ausser dem Glase immer etwas Glasgalle zurückbleibt. Die Schmelzer halten darauf, dass die Galle der vorhergehenden Einlage, ehe man die folgende einbringt, „*ausgeschürt*“ werde; überall gilt es als unverbrüchliche Regel, dass dies wenigstens vor der letzten aus blossen Glasbrocken bestehenden Einlage geschieht. Beim Gegentheil werde das Glas fehlerhaft durch Gallenblasen. Unter „*Ausschüren*“ versteht man die Fortschaffung der nicht ausschöpfbaren Antheile von Galle durch stärkeres Schüren, auch Zusetzen von etwas Rinde (zur Reduction der schwefelsauren Salze).

Läutern. Ist die Beschickung des Hafens vollständig eingebracht, so giebt man bei möglichst geschlossenen Arbeitslöchern strengstes Feuer, soweit es der Ofen vermag, „*Heissschüren*“. Nach dem Schmelzen ist das Glas zwar im Allgemeinen gebildet, aber noch keineswegs im brauchbaren Zustande. Es ist eine trübe noch ungleichförmige Masse voll grösserer oder kleinerer Glasblasen, voll unvollkommen gelöster Quarzkörner u. s. w. Der zweite Theil der Schmelzung, die „*Läuterung*“, hat den Zweck, das Glas von diesen Unreinigkeiten zu befreien. Das Mittel ist, den Ofen, nun nicht ferner durch den eingetragenen kalten Satz und die reichliche Gasentwicklung gestört, auf die allerhöchste Temperatur zu bringen, bei der das Glas wie ein dünner Syrup fliesst. Jene Unreinigkeiten werden dabei nach einander beseitigt: man schürt zuerst „*vom Sande*“, dann „*vom Foam*“ *), endlich von der „*Galle*“, nach der Ausdrucksweise des Böhmerwaldes. Die Gasblasen steigen dann auf die Oberfläche und verschwinden, die schwereren Unreinigkeiten lösen sich, oder sinken doch zu Boden. Nach einigen Stunden, wenn die öfter zu ziehenden Proben das Glas völlig lauter und rein aus-

*) Foam, bairisch = Schaum.

weisen, lässt man den Ofen *„abgehen“*. Zum Verarbeiten ist nemlich das Glas (wenige Ausnahmen abgerechnet) nicht im dünn-, sondern nur im zähflüssigen Zustande zu brauchen, der Ofen muss einige Stunden lang abkühlen. Bei Holzfeuer unterbricht man dann das Schüren eine Zeitlang gänzlich, bis das Glas die dicke zähe Beschaffenheit erreicht hat. Alsdann ist aber der Arbeitsraum oberhalb der Häfen für das Ausarbeiten des Glases etwas zu kühl geworden und man *„schürt“* ihn *„wieder auf“* mit mässigem Feuern bis der Verlust wieder ausgeglichen. Bei Steinkohlenfeuer kommt hinzu, dass beim nun folgenden Verarbeiten des Glases dies Schüren wie beim scharfen Feuer (häufiges Nachlegen von Kohle, fleissiges Räumen des Rostes mit der Brechstange u. s. w.) durch Flugasche und Unreinheit der Flamme so sehr nachtheilig wird. Mit dem Eintritt des Kaltschürens pflegt man daher den Heerd mit einem dicht eingeschichteten Vorrath von Kohle anzufüllen. Indem man nun den Rost nicht mehr aufräumt, erhält die allmähliche Verzehrung der Kohlen das Glas während der Arbeitszeit im zähen Zustande.

In den älteren Zeiten pflegte man den Satz nicht unmittelbar im Glashafen einzuschmelzen, sondern zuvor in einem Nebenofen zu *„fritten“*, d. h. bei mässiger Glühhitze eine vorläufige Bindung der Bestandtheile einzuleiten, den grösseren Theil der flüchtigen Produkte auszutreiben u. s. f. Bei der Unreinigkeit der damaligen Materialien war diese Vorbereitung unerlässlich. Es ist immerhin nicht zu rechtfertigen, dass man in der neuern Zeit mit dieser so zweckmässigen Behandlungsweise meist voreilig gebrochen hat. Was durch das Fritten erzielt wird, muss ohne Fritten natürlicher Weise im Glasofen geschehen, verursacht aber dort viel grösseren Aufwand an Zeit und Brennstoff. Neuerdings ist auch das Fritten wieder mehr und mehr unter der Bezeichnung *„Vorschmelzen“*, *„Calciniren“* in Aufnahme gekommen und zwar mit viel Vortheil. Für das aus unreinen Rohstoffen erzeugte Flaschenglas ist es allgemein in Uebung; man verbrauchte z. B. in einem bestimmten Fall früher 4 Gewichtstheile, nach der Einführung des Frittens nur noch 2,6 Gewichtstheile Steinkohle auf 1 Gewichtstheil Glas dieser Gattung. Fritten.

Die Entfärbungsmittel und was dahin gehört unterliegen einer verschiedenen Behandlung. Den Braunstein setzt man, wie die übrigen Bestandtheile, gleich dem Satz zu. Arsenik, der durch seine reichliche Gasentwicklung eine Rührvorrichtung ersetzt, wird mitunter unmittelbar vor der Läuterung eingebracht und zwar zu Boden sinken lassen, oder untergestossen; mitunter schon beim Eintragen, aber in diesem Fall mit dem $2^1/_2$fachen Gewicht calcinirter Soda vermengt. Unter diesen Umständen bildet sich unter Entweichen von metallischem Arsenik arsensaures Natron. Dies zersetzt sich dann, unter Entwicklung von Gasblasen weiter in einer nicht näher bekannten Weise. Entfärbungsmittel.

Die Schmelzzeit, d. h. der gesammte Aufwand an Zeit zur Herstellung des verarbeitbaren Glases aus Satz, ist an verschiedenen Orten und Hütten ungemein ungleich, wechselt aber auch einigermassen in derselben Hütte Schmelzzeit und Brennstoffverbrauch.

Schmelzzeit und Brennstoffverbrauch.

und an demselben Ofen. Sie hängt in der That von einer Menge von Umständen ab: von dem Satz, seinen Bestandtheilen und deren Verhältnissen; von der Heitzung und dem Brennstoff, ihrer Art und Beschaffenheit; von dem Ofen, seiner baulichen Einrichtung, seiner Grösse und seinem Alter; von den Häfen und deren Grösse; von dem Heitzer; endlich von der Witterung. Von denselben Umständen ist auch der Aufwand an Brennstoff bedingt.

Beides, Aufwand an Zeit wie an Brennstoff, erscheint im Verhältniss zum Gewicht des erzeugten Glases im Allgemeinen sehr gross, wenn man die Glasindustrie mit anderen Schmelz- und Glühoperationen vergleicht. Dies liegt jedoch in der Natur der Sache. In den metallurgischen Processen z. B. ist das zu schmelzende Material gewöhnlich in unmittelbarer Berührung mit dem Brennstoff und der darauf wirkenden Gebläseluft. In der höheren Töpferei heitzt man zwar ebenfalls mittelbar mit Flammfeuer, aber die Oefen sind aufs Vollkommenste gegen die Wärmezerstreuung gesichert. Beim Glasofen ist das Entgegengesetzte der Fall: theils wegen der Menge von unentbehrlichen Zugängen und Oeffnungen, theils wegen der herkömmlichen Dünne der Gewölbe, sowie durch das Verhältniss von Umfang zu Inhalt sind die Wärmeverluste höchst bedeutend. Die Temperatur im Innern des Glasofens kann natürlich nur in dem Masse steigen, in welchem die Wärmezufuhr den Wärmeverlust überwiegt. Dieser Wärmeverlust beträgt aber für gleiche Zeitabschnitte um so mehr, je heisser der Ofen; er ist eine mit der Temperatur des Ofens rasch zunehmende Grösse. Daraus folgt, dass die Wärmezufuhr mit der Dauer des Schmelzens den Wärmeverlust immer weniger überwiegt, dass das Schmelzen von Temperaturzunahmen abhängt die fortwährend, und in raschem Schritt sich vermindern. Die Hervorbringung der unteren Hitzgrade ist vergleichungsweise rasch und leicht, die der höheren schwierig, die der höchsten Hitzgrade nur mit äusserster Anstrengung zu erringen, weil die höchste Temperatur, die der Ofen zu leisten vermag, und diejenige, die das Glas zum Schmelzen, namentlich zur Läuterung bedarf, zu nahe zusammenfallen. Dieses ungünstige Verhältniss bessert sich allerdings mit dem Aufhören der Gasentwicklung aus dem Satz um ein Merkliches.

Von dem Einfluss des Satzes und seiner Mischung war schon S. 12 die Rede bei der Leicht- und Strengflüssigkeit des Glases und ihrer Abhängigkeit von den einzelnen Bestandtheilen. Dazu ist nur die erweiternde Bemerkung hinzuzufügen, dass die Schmelzbarkeit des Glases und die Leichtigkeit oder Schwierigkeit sich läutern zu lassen, nicht in allen Fällen eins und dasselbe sind. Es giebt Arten von Glas, die leicht und bei mässiger Temperatur schmelzen, aber sehr schwer und bei desto höherer Temperatur so dünnflüssig werden, wie es die Läuterung voraussetzt. So bleibt Spiegelglas, mit Bittererde geschmolzen, länger dickflüssig als mit Kalk geschmolzen (Pelouze). Noch auffallender verhalten sich in diesem Betracht thonerdehaltige Gläser. Einer Reihe von Ver-

suchen darüber lag ein und dasselbe Verhältniss von Kieselerde und Natron (250 Gewthle. Sand mit 100 Gewthln. kohlensaurem Natron) zu Grunde: diese Grundmischung mit 25 Gewthln. reiner Thonerde geschmolzen, gab ein Glas, welches sich selbst bei der höchsten Temperatur des Siemens'schen Regeneratorofens in 120 Stunden nicht läuterte; als man derselben Grundmischung 50 Gewthle. kohlensauren Kalk und nacheinander 30 Gewthle., 40 Gewthle. und zuletzt 50 Gewthle. Thonerde zusetzte, entstanden verhältnissmässig leichtflüssige Gläser, die sich aber nur sehr schwer läutern liessen (Pelouze). Gläser ohne Thon- und Bittererde zeigen ähnliche obwohl weniger auffallende Unterschiede; zudem ist die Einmischung beider Erden bis zu einem gewissen Grade unvermeidlich.

Allgemein ist die Beobachtung, dass der Brennstoffverbrauch und die Schmelzzeit mit dauernder Betriebszeit in sehr merklicher Weise zunehmen. Ja man ist oft genöthigt, einen Ofen, der ohne Anstand elf Monate halten würde, aus diesem Grunde schon im neunten Monat ausgehen zu lassen.

Die Schmelzzeit kann bis zu 12 Stunden sinken und bis zu 30 Stunden steigen. Bei Heitzung mit Holz bedarf man für strenges Hohlglas, wo die Oefen und die Beschickung am kleinsten sind, meist 18 bis 20 Stunden. Bei Tafelglas mit grösseren Oefen und einer fast doppelt so schweren Beschickung 30 Stunden. Das Glas ist dabei immer Kalkglas. Bei demselben Glas mit Steinkohlenfeuer rechnet man ebensoviel Schmelzzeit, aber die Beschickungen sind grösser. Am geringsten sind die Schmelzzeiten bei Bleikrystall und Steinkohle, nemlich nur 12 bis 18 Stunden, ungeachtet der sehr grossen Beschickungen. — Auf die Läuterung kommt etwa $^1/_3$ der Zeit vom eigentlichen Schmelzen; auf das Kaltschüren kommen eine bis zwei Stunden; auf das Ausarbeiten etwa 12 Stunden. Schmelzzeit.

In Bezug auf den Brennstoffverbrauch sind sichere und besonders vergleichbare Angaben sehr schwierig zu finden. Den Glashüttenbesitzern und Verwaltern selbst ist in der Regel nichts bekannt, als der Betrag des angekauften Brennstoffs und des verschmolzenen Satzes im jährlichen Betrieb. Auch dabei bleibt durch Unbestimmtheit der Masse (Klafter, Tonnen u. s. w.), durch oberflächliche Vorrathsaufnahme am Jahresschluss, das Gewicht des Brennstoffverbrauchs mehr oder weniger unsicher. Bestimmte Aufzeichnungen und Beobachtungen mit der Wage in der Hand finden kaum jemals statt. — Auch das fertige Glas ist nur nach dem Hundert, Bund, Stück u. s. w., nicht nach dem Gewicht bekannt. Dadurch, ebenso durch das Heerdglas, die Abfälle u. s. w. wird auch der Betrag des erzeugten Glases mehr oder weniger unsicher. In den Angaben gehen einige von dem verbrauchten Satz aus, andere von dem fertigen Glas; einige haben von letzterm nur die verkäufliche Erzeugung, andere auch Heerdglas und Abgänge vor Augen. Während diese das Schmelzen allein, haben jene auch das Ausarbeiten, noch andere sämmtliche Nebenarbeiten in Rechnung. Brennstoffverbrauch.

Nach der östreichischen Gewerbe-Statistik ist das Verhältniss zwischen der Erzeugung an verkäuflichem Glas in Centnern und der in den

Brennstoffverbrauch.

Hütten verbrauchten Menge Holz im grossen Ganzen bekannt; darnach kosten 100 Centner Glas fast geradeaus 50 östreichische Klafter Holz; auf einzelnen böhmischen Hütten berechnet sich der Verbrauch sehr übereinstimmend auf 49 Klafter, auf den einzelnen östreichischen Hütten geringer, zu etwa 41 Klafter. Der Verbrauch auf bairischen Hütten an der böhmischen Grenze geht auf ziemlich gleichen Betrag hinaus; er ist für verschiedene Zweige der Glasfabrikation sehr ungleich. Während man für Tafelglas 40 Klafter rechnet, rechnet man für Krystall 65 Klafter bairisch. Dabei ist der gesammte Holzverbrauch auf 100 Centner eingetragenen Satz (nicht fertiges Glas) gemeint. Das Schmelzen und Ausarbeiten allein beansprucht für Tafelglas 29 Klafter, für Krystall 51 Klafter.

Obige Werthe entsprechen dem sieben- bis zwölffachen, beim Krystall sogar vierzehnfachen Gewicht des Glases an Holz. In Russland rechnet man das Sieben- bis Achtfache. — Von 5 Gewthln. Holz gehen 4 beim Schmelzen und 1 Gewthl. beim Ausarbeiten auf.

Der Verbrauch an Steinkohle ist beträchtlich abweichend, je nachdem man bleihaltiges oder bleifreies Glas verarbeitet; bei dem Bleikrystall sein zwei- bis dreifaches, bei Tafelglas u. s. w. das drei- bis vierfache Gewicht an Kohle.

Alle diese Angaben beziehen sich auf gewöhnliche einfache Feuerungen. Bei Gasfeuerungen treten namhafte Minderungen des Brennstoffs ein: Schinz will den Verbrauch (für 100 Centner Glas) von 13,4 Centner Holz durch Anwendung von Generatoren auf 4,9 Centner herabgebracht haben. Nach Siemens verzehrte ein Ofen in Birmingham 35 Tonnen Stückkohle zu 12 Schilling, nach Einführung seines Heitzsystems nur noch 16 Tonnen Kohlenklein zu 4,5 Schilling; die Ersparniss an Kohlengewicht kommt daher auf mehr als die Hälfte, an Geld auf fast fünf Sechstel. Uebereinstimmend soll in der Spiegelgiesserei zu Ravenhead der Verbrauch von 3 Gewthln. auf 1,6 Gewthle. Steinkohle gesunken sein. — An Holz soll (nach nicht sehr sicheren Angaben) bei dem Siemens'schen Ofen das 0,72- bis 1,76fache vom Gewicht des erzeugten Glases aufgehen.

Schmelzverlust.

Aus der Natur des Glassatzes und des Vorgangs beim Schmelzen folgt schon von vornherein, dass das Glas bedeutend weniger wiegt als der Satz. Auf der Idahütte in Schlesien z. B. erzielt man bei einer Schmelze von 21½ Stunden in 6 Häfen mit zusammen 26 Centner Satz 21 Centner fertiges Glas. Der Abgang beträgt also 5 Centner oder 19 Proc., auch schlägt man ihn im Allgemeinen auf 20 Proc. oder etwas darüber an. Er kann natürlich bei der Unmöglichkeit alles Glas zu sammeln, von den Häfen loszubekommen und zu wiegen, nur annähernd aus den Betriebsergebnissen entnommen werden. Die Austreibung von Kohlensäure, von gebundenem und hygroskopischem Wasser, von Schwefelverbindungen, die Zerstörung verschiedener Zusätze durch Verbrennung, die Bildung der Glasgalle, geben von dem Verluste reichlich Rechenschaft, sind aber nicht die ausschliesslichen Quellen. Die Beobachtung (beim Spiegelgiessen z. B.), dass sehr heisses Glas stets einen leichten Rauch

ausstösst; dass sich die Geräthe in der Nähe mit einem weissen, in Wasser löslichem, Curcuma bräunenden Beschlag überziehen; ferner dass die innere Fläche der Glasöfen, namentlich der Gewölbe, fortwährend durch Bildung und Abschmelzen einer Glasschicht angefressen werden, — alle diese Beobachtungen beweisen eine merkliche Verflüchtigung von Alkali. In der That sind nicht bloss die Chlorüre der Alkalien bei der Temperatur der Glasöfen flüchtig, sondern auch andere Alkalisalze nicht mehr eigentlich beständig (vergleiche Seite 75). Ja von dem bereits von der Kieselerde gebundenen Alkali, aus dem fertig gebildeten Glase, verflüchtigt sich fortwährend noch ein Antheil.

Verflüchtigung von Alkali.

Man hat den Betrag dieses Verlustes, der für die Praxis in der That nicht ganz verschwindend sein kann, mehrfach durch Vergleichung des Alkaligehaltes des Satzes und des fertigen Glases festzustellen gesucht. Eine Vergleichung der blossen Alkaliprocente im Satz und dem daraus geschmolzenen Glas, die Einige zu Grunde legten, ist schon aus rein arithmetischen Gründen unzulässig. Splitgerber stellte einen Vergleich des auf gleiche Mengen Kieselerde bezogenen Alkalis im Satz und im fertigen Glase an. Darnach waren von 100 Gewichtstheilen

	Natron				Kali	
ins Glas übergegangen:	69,4 —	75,7 —	88	—	88,2	Gewthle.
nicht darin vorgefunden:	30,6 —	24,3 —	12	—	11,8	„

Dem eigentlichen Zweck geht demnach sehr viel Alkali verloren. Wie viel von diesem Verlust aber auf Verflüchtigung kommt, ist ebensowenig aus diesen, wie aus allen ähnlichen Aufstellungen zu entnehmen, weil man dabei vergessen hat, der Bildung von Glasgalle Rechnung zu tragen. Es ist daher eine durch nichts begründete Annahme, wenn man die Verflüchtigung auf $^1/_6$ des verwendeten Alkalis anzugeben pflegt.

Galle.

In der Zeit, wo noch weniger reine Materialien zu Gebote standen als jetzt, war der Antheil des Satzes, der sich als sogenannte Glasgalle abschied, bedeutender. Diese Glasgalle ist der Inbegriff alles dessen, was seiner Natur nach sich weder gasförmig verflüchtigen, noch in die Mischung des Glases eingehen kann, sich mithin von letzterm und zwar in Gestalt einer besonderen geschmolzenen dünnflüssigen Masse ausscheidet, die nach dem Erkalten zu einem harten steinigen Produkt von wechselndem Ansehen erstarrt. Sie erscheint rein weiss, bald schmutzig weiss, bald grün, bald gelbweiss; sie ist bald beständiger, bald an der Luft zerfallend und ausblühend. Ein grösserer Theil ihres Bestandes ist in Wasser auflöslich, ein kleinerer unlöslich. Der erstere besteht aus alkalischen Salzen mit mehr oder weniger Kalksalzen, der unlösliche Theil aus Kalk, Thonerde, Eisenoxyd, Kieselerde und eingemengten Glastheilen. Beim Niederschmelzen der Sätze kommen, wie man sich erinnert, zuerst die Alkalisalze in Fluss und lösen alsbald den Kalk auf. Indem die Kieselerde auf diese geschmolzenen Verbindungen einwirkt, geht sie zunächst mit leicht zersetzbaren Alkalien (den kohlensauren, den durch

Galle.

Kohle reducirten schwefelsauren) nebst einem Antheil Kalk zu Glas zusammen; die schwerer zersetzbaren Alkalisalze, insbesondere die schwefelsauren, soweit sie nicht durch Kohle reducirt sind, und die Chlormetalle, soweit sie sich nicht verflüchtigen, bleiben mit einem andern Theile des im feurigen Fluss in ihnen enthaltenen Kalkes mit unlöslichen Einschlüssen als Galle zurück. Die Galle des ältern Glasbetriebs, durch den Gehalt der Holz- und Potasche an schwefelsauren Salzen zumeist veranlasst, hatte wenig Verwendung, unter anderen unter dem Namen „*fel vitri*" in der Pharmacie. Heutzutage tritt die Glasgalle nur in unbedeutender Menge auf, zeigt sich aber als regelmässige Erscheinung namentlich da, wo man mit Glaubersalz arbeitet. Die nachstehenden Analysen rühren zum Theil von dieser Art des Betriebs her:

	Girardin			v. Wich
	Tafelglas	Krystall	Flaschenglas	Tafelglas
Schwefelsaures Natron . .	83,32	90,51	55,92	91,82
Schwefelsaures Kali . . .	—	—	Spur	6,46
Schwefelsaurer Kalk . .	10,35	6,00	25,11	—
Chlornatrium	1,43	0,04	0,20	0,82
Unlösliche Theile	3,25	3,35	17,77	0,90
Wasser	1,65	0,10	1,00	—
	100,00	100,00	100,00	100,00

Wie man sieht, ist diese Galle nichts als ein mit sonstigen Glasbestandtheilen versetztes Glaubersalz. Man pflegt sie daher als solches dem Satz wieder zuzusetzen, obwohl bei unwissenden Glasmachern noch der Gebrauch besteht, sie weit unter ihrem Werth an die Schäfer zur Vertilgung der Schaafläuse zu verkaufen.

Schmelzen; ununterbrochener Betrieb.

Allgemeines.

Niemand kann sich verläugnen, dass der bestehende bis dahin geschilderte Betrieb der Herstellung des Glases mit grossen Unvollkommenheiten behaftet ist, die diesen Betrieb und sein Erzeugniss, selbst das billigste Glas, in höherem Grade kostspielig machen, als die Natur der Dinge, vor allen die zum Schmelzen theoretisch erforderliche Wärmemenge und der Werth der Rohstoffe rechtfertigt. Wie in Obigem nachgewiesen, liegt ein Theil der Kostspieligkeit des Betriebs in dem enormen Wärmeverlust, den er mit allen Glühfeuern gemein hat. Die verschiedenen bis dahin beschrie-

benen Verbesserungen sind auf Einbringung dieses Verlustes, sowie auf angemessene Beschaffenheit der Flamme gerichtet. Sie haben jedoch nichts zu thun mit einer andern Quelle von Uebelständen und Verlusten, die sie als einen unveräusserlichen Ausfluss der überlieferten Betriebsweise mit dieser unverändert übernommen haben. Allgemeines.

Diese zweite Quelle von Uebelständen liegt einerseits in der Zersplitterung der Schmelzarbeit in einer grösseren Anzahl Schmelzgefässe, andererseits in dem bis dahin als nothwendig angenommenen Wechsel zwischen Schmelzen und Ausarbeiten, dem wöchentlich vier- bis fünfmal sich wiederholenden Wechsel des äussersten Hitzgrades und der mässigen Rothglut. Die Erkenntniss dieses Uebelstandes hat in einigen kühnen Unternehmern den Gedanken einer Aenderung der Betriebsweise von Grund aus erweckt, den Gedanken: an die Stelle des seitherigen Betriebs einen solchen zu setzen, bei dem Schmelzen und Ausarbeiten gleichzeitig und stetig ineinandergreifend stattfinden, des ununterbrochenen Betriebs im Gegensatz zu dem überlieferten Wechselbetrieb. Es versteht sich von selbst, dass das Glas nach wie vor die verschiedenen Stufen der Schmelzung durchlaufen, dass der Satz immer erst zu rohem Glas zusammenfliessen wird, dass dieses erst durch Läutern gereinigt und als geläutertes Glas durch Abkühlen auf die Dickflüssigkeit den Anforderungen des Ausarbeitens gerecht gemacht werden muss. Man begreift damit, welche ausserordentliche Schwierigkeiten der Ausführung jenes kühnen Gedankens entgegenstehen. Von dieser neuen Form des Glasbetriebs, die sich noch im ersten Versuchsstadium befindet, ist noch nichts in die Praxis eingegangen, sie kann daher hier nur in den äusseren Umrissen angedeutet werden. Man hat das Ziel in zwei ganz verschiedenen Richtungen zu erreichen gestrebt. Die eine behält die bisherige Ofeneinrichtung bei und beschränkt sich nur auf Umgestaltung der Häfen für ununterbrochenen Betrieb, so dass jeder Hafen gleichzeitig zum Schmelzen und zugleich zum Ausarbeiten dient. Die andere, von ungleich grösserer Tragweite, unterdrückt den Betrieb mit Häfen vollkommen und erzeugt das Glas im Arbeitsraum des Ofens selbst, der dadurch seinen Charakter als Gefässofen verliert.

Neben einigen weniger bedeutenden Vorgängern ist es besonders F. Siemens, der sich durch seine Vorschläge nach beiden Richtungen verdient gemacht; das Nachstehende wird hinreichen, das Wesentliche verständlich zu machen.

Der Hafen von F. Siemens zu ununterbrochenem Betrieb hat wie gewöhnlich die Gestalt eines abgestutzten Kegels. Er besteht aus drei mittelst Zwischenwänden geschiedenen Abtheilungen: eine (A) zum ersten Niederschmelzen des Satzes, eine (B) zum Läutern des rohen Schmelzprodukts und die dritte (C) zum Verarbeiten des fertigen Glases. Diese letzte Abtheilung (C) ist verhältnissmässig klein und nach der kühlsten Stelle des Ofens, nach der Aussenwand und Arbeitsöffnung gerichtet und, um sie noch kühler zu halten von oben bedeckt; die beiden anderen Siemens'sche Häfen.

Siemens'sche Häfen.

offnen und gleich grossen Abhandlungen (A und B) sind zu beiden Seiten dem Innern des Ofens zugekehrt, also an der heissesten Stelle. Die eine dieser letzteren Abtheilungen (A) empfängt ununterbrochen, aber in kleinen Antheilen den Glassatz. Der frisch eingetragene Antheil schwimmt oben auf, der bereits geschmolzene nimmt den Raum am Boden ein und tritt dort durch eine Oeffnung, die in der Scheidewand senkrecht aufsteigt, von oben in die Abtheilung (B) zum Läutern. In dieser zweiten Abtheilung schwimmt das erst angekommene viele Luftblasen enthaltende Glas wieder oben auf, während das klargeflossene dichte Glas nieder sinkt und durch eine zweite am Boden angebrachte Oeffnung von unten in die dritte Abtheilung (C) aufsteigt. Indem darin die Temperatur überhaupt niedriger und von unten nach oben noch beträchtlich abnimmt, erhält das Glas die rechte Dickflüssigkeit da, wo man es zum Ausarbeiten schöpft. Das in (C) verbrauchte Glas findet seinen Ersatz durch stetiges Zuströmen aus den Abtheilungen (B) und (A); das aus (A) abströmende durch ununterbrochenes Einlegen von frischem Satz. Der Inhalt der drei Abtheilungen nimmt wegen der ungleichen Dichte verschiedene Höhen ein; er steht in der Abtheilung für die Aufnahme des Satzes am höchsten, in der Abtheilung zum Klären niedriger und in der zum Ausarbeiten am niedrigsten.

Die mit obiger Einrichtung durch die Natur der Dinge übernommenen Schwierigkeiten liegen auf der Hand: schwierige Form des Hafens gegenüber der Herstellung und Haltbarkeit gegen Reissen; die Bestandtheile des Satzes schmelzen nicht alle gleichzeitig, wie die beschriebene Anordnung doch stillschweigend voraussetzt; es entsteht die Gefahr, dass ein alkalireicher Theil des Satzes absaigert und ein kieselerdereicher Theil zurückbleibt, es besteht eine Neigung der Entmischung. Endlich ist die Gleichzeitigkeit des Beschickens und Ausarbeitens durch eine und dieselbe Arbeitsöffnung mit gegenseitiger Störung verbunden und nur einigermassen thunlich, wenn ein und derselbe Arbeiter beide Thätigkeiten übernimmt.

Siemens' Ofen.

Der von F. Siemens für unterbrochenen Betrieb ohne Häfen entworfene Ofen, dessen leitender Gedanke aus der Skizze Fig. 24 und 25 erhellt, ist zugleich mit Regeneratoren nn, also Gasfeuerung versehen. Die hintere Abtheilung A ist zum Vorschmelzen, B zur Läuterung und C zum Verarbeiten des Glases bestimmt. Diese Abtheilungen bilden jede eine Vertiefung, „*Wanne*“, zur Aufnahme des Glases und werden von Gas- und Luftströmen (aus den Regeneratorkammern unter dem Boden) geheitzt, welche abwechselnd aus der Seitenwand und zwar aus den Oeffnungen $x, x \ldots$ für Gas und $y, y \ldots$ für Luft hervortreten. Insofern sie das Glas nur von der Oberfläche aus heitzen, dürfen die Wannen höchstens vier Decimeter tief sein. In die erste Abtheilung A wird der Satz eingetragen, das gebildete rohe Glas fliesst aus dieser Abtheilung durch die Wand i ab und zwar durch einen aufsteigenden Kanal a, a von oben in die zweite Abtheilung B. Nachdem das Glas darin zur Läuterung

gekommen, fliesst es von der zweiten Abtheilung einfach durch eine Oeffnung am Boden der Zwischenwand *e*, also von unten in die dritte Abtheilung *C*. In dieser empfängt das Glas kein directes Feuer mehr, sondern nur einen Theil der Flamme der vorigen Abtheilung, es kühlt dadurch auf den zum Ausarbeiten nöthigen Grad. Ein solcher Ofen dürfte

Siemens' Ofen.

Fig. 24.

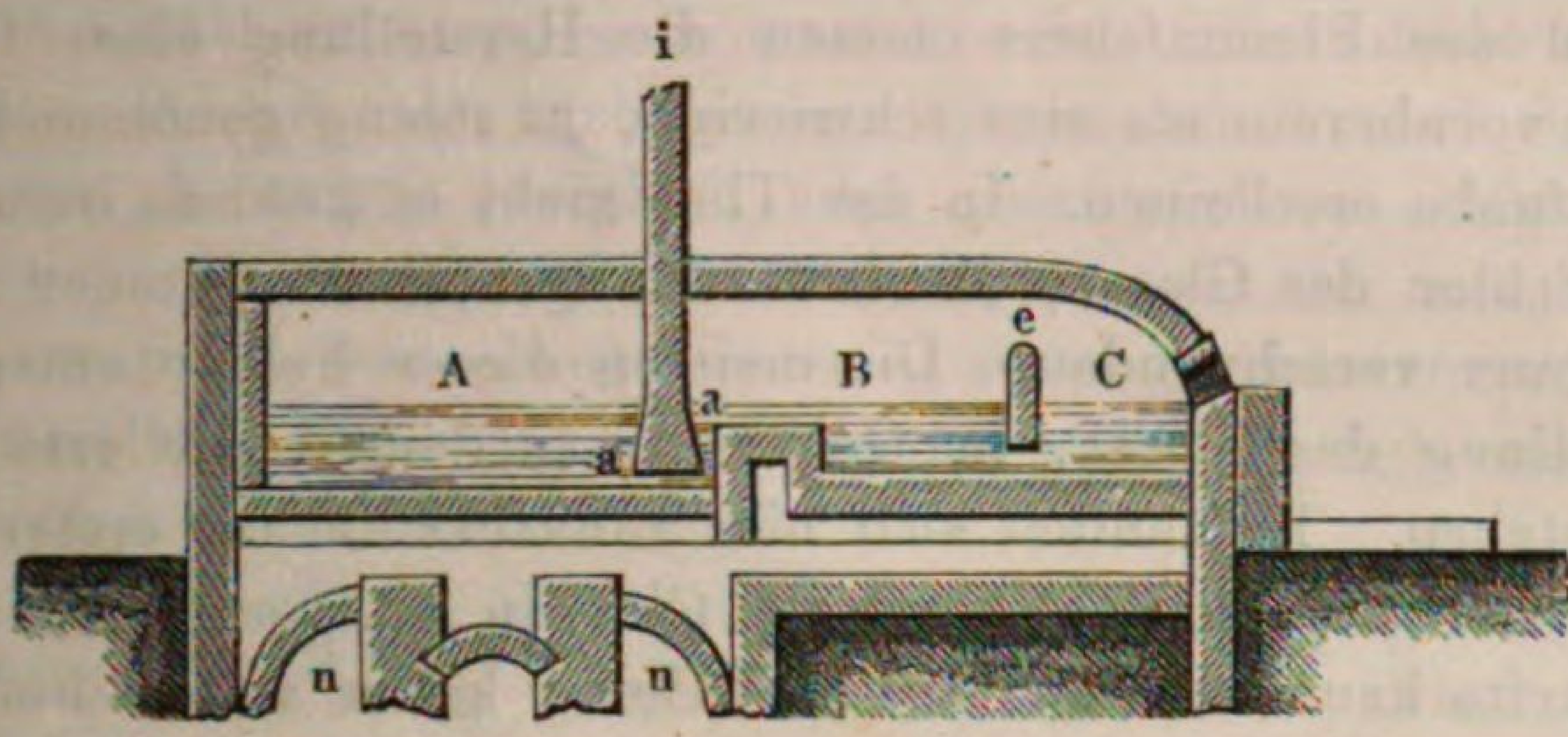
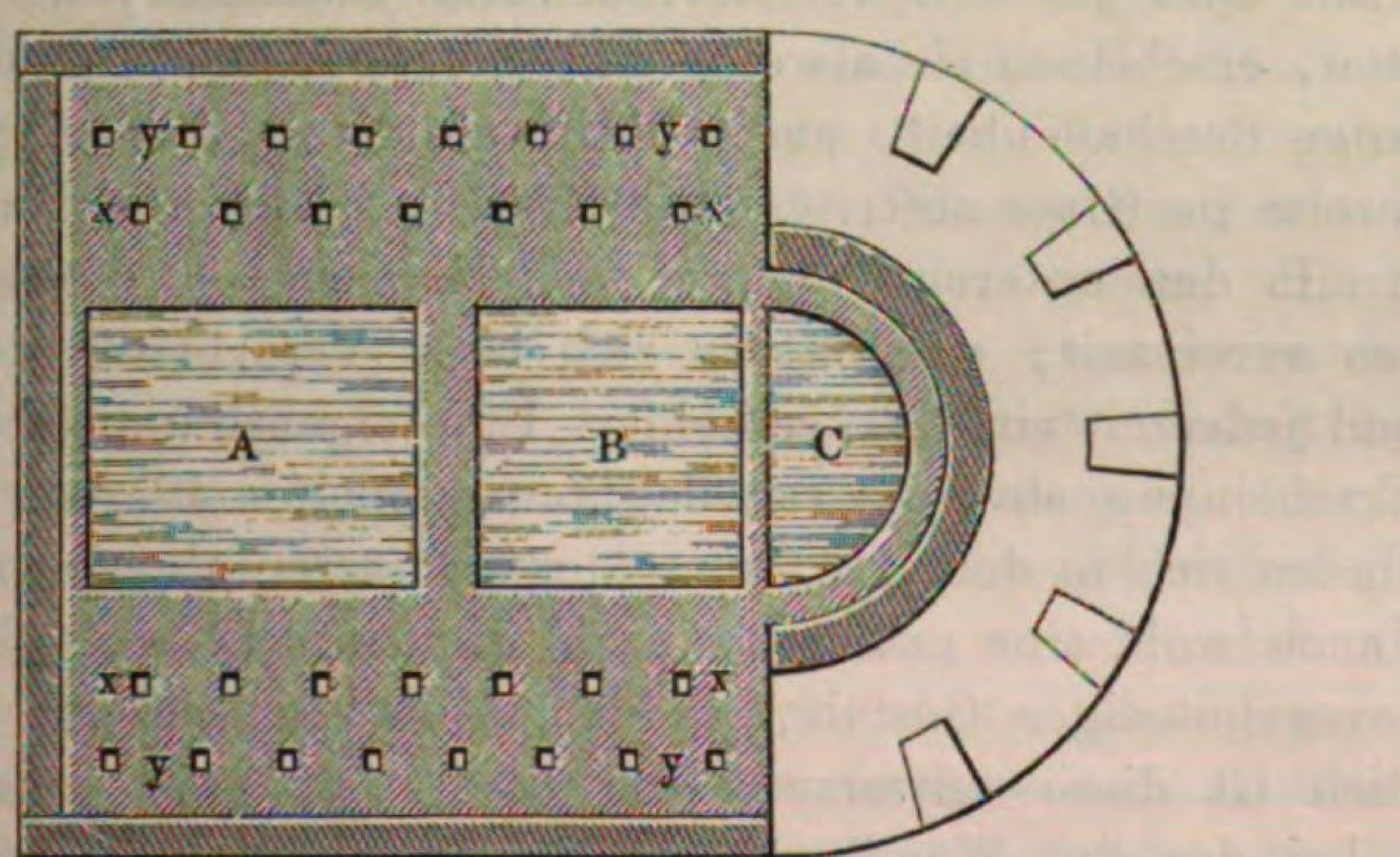


Fig. 25.



weit eher praktisch zu handhaben sein, weil einfacher und ungezwungener in der Einrichtung, als die dreitheiligen Häfen, mit denen er immerhin noch mehrere Schwierigkeiten gemein hat. Eine weitere kommt hinzu: schadhafte Häfen können immer noch gewechselt werden, die schadhaften Wannen der Ofenabtheilungen nicht. Um ihnen möglichste Dauer zu geben, sind sie der unmittelbaren Wirkung des Feuers, den obersten Rand abgerechnet, entzogen und obendrein im Boden durch besondere Luftkanäle gekühlt.

Fehler.

Fehler des Glases.

Die Bestandtheile des Glases, die Leichtflüssigkeit der einen, die Schwerflüssigkeit der anderen, die ganze Art, wie das Glas durch Schmelzen zu Stande kommt, die starke Gasentwicklung, das Anfressen der Häfen und Oefen, die Ungleichheit der Temperatur in den Häfen, sowie die Mängel des Flammfeuers lassen die Herstellung eines fehlerfreien Glases von vornherein als eine schwierige, ja streng genommen kaum zu lösende Aufgabe erscheinen. In der That giebt es gewisse immer wiederkehrende Fehler des Glases, die bald häufiger, bald seltener auftretend, kaum je ganz verschwinden. Die meisten dieser Fehler entspringen in der Herstellung des Glases, im Gegensatz zu denen, die erst im Verarbeiten entstehen. Es handelt sich hier zunächst um die ersteren.

Blasen.

Ein ganz und gar blasenfreies Glas in einigermaassen grösseren Stücken dürfte kaum zu finden sein. Kleine kaum wahrnehmbare Bläschen, oft nur mit Vergrösserung erkennbar, entgehen der Läuterung leicht, bleiben an den Wänden u. s. w. nur allzuleicht haften und finden sich daher auch in den feinsten Gläsern, in den besten Spiegeln, überall. Vereinzelt sind sie von verschwindendem Nachtheil; wo sie in Menge auftreten, erscheinen sie als eine entstellende Trübung, zuweilen als fast schaumige Beschaffenheit, um so mehr als dieser Fehler gewöhnlich nur stellenweise im Glase auftritt. Die Ursache ist unzureichende Hitze beim Läutern in den unteren Schichten des Hafens. — Grössere Blasen erscheinen vereinzelt, vergrössern sich beim Verarbeiten durch Abplatten und sind jederzeit ein starker Fehler. Eine eigenthümliche nicht ganz seltene Erscheinung sind die sogenannten doppelten Blasen: dem Anschein nach finden sich in dem Umfang einer grösseren abgeflachten Blase eine, zwei, auch wohl eine grössere Anzahl kleinerer Blasen, aber gewöhnlich von unregelmässiger Gestalt, gleichsam eingeschachtelt. Höchst wahrscheinlich ist diese seltsame Form nichts als eine grosse abgeflachte Blase, bei der die Wände an verschiedenen Stellen einander berührt und sich verlöthet haben. Indem die wiedervereinigten Theile durch Verschiedenheit der Dicke sich immer noch scharf von dem umgebenden Glas, aber auch von den Stellen abheben, die noch Luft einschliessen, nimmt das Auge zugleich den ganzen Umriss der ursprünglichen Blase und innerhalb derselben die noch vorhandenen Reste wahr und glaubt irrthümlich zwei ineinander geschachtelte Blasen zu sehen. Nach der Ueberlieferung vieler Glashütten sollen die Doppelblasen von unvollkommenem Ausschüren der Galle (vergleiche Seite 63) vor dem letzten Eintrag (aus blossen Glasbrocken) verursacht werden. Diese Meinung ist genauer festzustellen. Dagegen erleidet es keinen Zweifel, dass blasenfrei geläutertes Glas sich keineswegs immer blasenfrei verarbeitet, sondern unter zum Theil unbekannten Umständen während des Verarbeitens Blasen und zwar einzelne grössere Blasen in beschränkterer Zahl

wirft. Dieser letztere Umstand reimt sich nicht gut mit der erklärenden, sonst nahe liegenden Annahme einer Absorption von Gasen im Schmelzen (Seite 13).

Krätze und Höcker.

Gröbere Quarzkörner bleiben lange, zum Theil ganz ungelöst. Sie erscheinen, wie aller geglühter Quarz, milchweiss, undurchsichtig und bilden, wenn sie nahe an die Oberfläche kommen, unvermeidlich Anschwellungen und Knoten. Zur Undurchsichtigkeit gesellt sich dann noch eine auffallende Lichtbrechung; beide machen solche Einschlüsse zu einem der hässlichsten Fehler. Je nach seinem Grade nennt man das damit behaftete Glas „*krätzig*", „*sandig*", oder „*höckerig*". — Mitunter beruht die Unlöslichkeit von Quarztheilen darauf, dass sie bei mangelhafter Entfernung der Galle beim Einschmelzen, sich mit schwefelsaurem Natron (-Kali) umhüllen. Diese Alkalisalze können auch für sich eine Art Krätze bilden, doch ist dies seltener.

Rauch und Nebel.

Die Eigenschaft des Glases, sich durch Ausscheidung undurchsichtiger Theile, wie Flüssigkeiten durch Niederschläge, beim Erkalten zu trüben, von welcher man bei dem sogenannten Milchglas Gebrauch macht, kommen mitunter auch in nicht beabsichtigter Weise bei gewöhnlichen Gläsern in Folge fehlerhafter Mischung oder Beschaffenheit der Rohstoffe vor und werden von den Arbeitern als „*Rauch*", „*Wolken*" und „*Nebel*" unterschieden. Unzersetzte schwefelsaure Salze, sowie zu hoher Gehalt an schwefelsaurem Kali der Potasche bei dem Bleikrystall, sollen eine gewöhnliche Ursache sein. Anwesenheit von Arseniksäure, Einmischung von Beinglas in die Glasbrocken mögen in anderen Fällen Anlass geben. Die Neigung des Glases zu diesem Fehler wird wesentlich beim Ausarbeiten durch das öfter wiederholte Anwärmen und Abkühlen befördert. Damit behaftetes Glas muss in der Regel wieder eingeschmolzen werden.

Rampen.

Wenn auf irgend eine Weise Theile eines strengflüssigen Glases in einen Hafen mit leichtflüssigem Glas gelangen, so erweichen sie zwar, aber sie lösen sich nur äusserst langsam und unvollständig auf. In der Ausübung findet dies häufig genug und aus verschiedenen Anlässen statt: durch die Glasbrocken, wenn dem gewöhnlichen Hohl- oder Tafelglas z. B. Scherben von gemeinem Flaschenglas beigemengt bleiben; ferner durch den Angriff des schmelzenden Glases auf die Hafenwände, besonders auf den oberen Rand; endlich durch den Angriff des Ofengewölbes durch verflüchtigtes Alkali, wobei die angegriffene Oberfläche allmählich als zähes Glas abtropft und so in den Hafen gelangt. In den beiden letzten Fällen sind es thonerdereiche Gläser, mit denen man zu thun hat. Sie schaden in doppelter Weise, einmal weil sie bei gleicher Temperatur, z. B. beim Ausarbeiten immer beträchtlich dickflüssiger und zäher sind, als die Grundmasse, dann durch auffallende Missfarbe in Folge von Eisengehalt. Durch die Bewegung im Hafen beim Ausarbeiten spinnen sich derartige fremde Glastheile aus. Gerathen sie dann in die zur Herstellung eines Gegenstandes aus dem Hafen aufgenommene Glasmasse, so machen sie sich in der störendsten und auffallendsten Weise theils durch die Miss-

farbe, theils aber auch als Unebenheit bemerklich, indem sie wegen der grösseren Zähigkeit sich weniger ausdehnen und über die Oberfläche hervorragen, als „*Rampen*". Gegen das Herabtropfen von dem Gewölbe kann man sich einigermassen durch eine passende Form desselben schützen, die das Ablaufende nach einer unschädlichen Stelle leitet; doch bilden sich nur allzuleicht durch Aufgehen von Steinfugen, durch das Anfressen selbst u. s. w. Hervorragungen, die jene Vorsicht zu nichte machen. Glücklicher war man in Bezug auf den schädlichen Einfluss der Hafenwand, durch die in den dreissiger Jahren aufgekommenen schwimmenden Ringe Seite 41. Innerhalb dieser Ringe bildet sich nemlich kein Thonerdeglas; denn während der Hafenrand mit der Flamme in Berührung ist, ist dies bei dem schwimmenden Ringe keineswegs der Fall und wird er deshalb namentlich an der Innenfläche nicht heiss genug um angefressen zu werden. Gegen Einmischung fremdartiger Glasscherben hilft nur sorgfältigstes Auslesen der Glasbrocken. — Ein nahe verwandter Fehler sind die „*Winden*", „*Schlieren*", „*Wellen*" und „*Streifen*", nur beruhen sie nicht sowohl auf der Einmischung fremdartiger zäher Glastheile, als vielmehr auf Mangel an gleichförmiger Beschaffenheit des eigentlichen Glases, sei es durch unvollkommene Läuterung, sei es durch Aenderung im Satze. Beim Schmelzen bilden sich anfangs leichtflüssigere und strengflüssigere Schichten von ungleicher Dichte, die sich erst bei der Läuterung gleichmässig mischen. Bei zufälligen oder absichtlichen Veränderungen des Satzes, welche auf seine Schmelzbarkeit Einfluss nehmen, werden sich Reste der vorigen Schmelzung mit dem Glas der nächsten mischen und leicht Ungleichförmigkeiten entstehen. Dieser Fehler wird nicht durch Unterschiede in der Farbe oder durch Unebenheiten, sondern durch verschiedene Brechbarkeit bemerklich. Er lässt sich durch Umrühren oder Aufkochenlassen durch Gasentwicklung, aber mitunter nur schwierig beseitigen, namentlich bei den bleihaltigen Gläsern, die sehr dazu hinneigen.

Winden und Schlieren.

Entglasungsfehler.

Strengflüssigere Glassorten, die zu viel Erden und zu wenig Alkali enthalten, neigen zuweilen so sehr zum Entglasen, dass sie beim Ausarbeiten stellenweise streng, äusserlich rauh und in einem gewissen Grade blind werden, was man ebenfalls „*Krätze*" nennt.

Zu diesen im Schmelzprocess begründeten Fehlern gesellen sich noch andere, die nur im Ausarbeiten liegen.

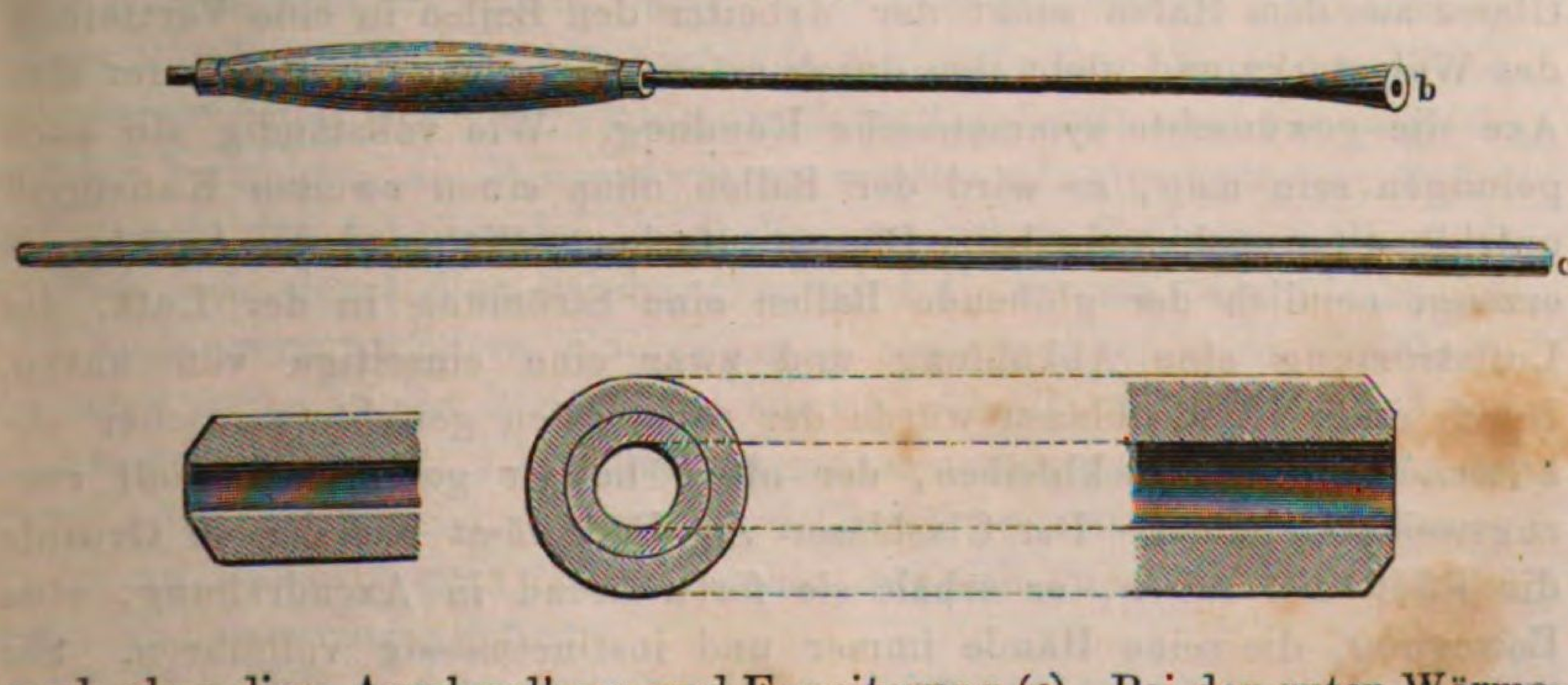
Verarbeitung des Glases.

Die Verarbeitung der fertigen Glasmasse erfolgt durch dreierlei Hülfsmittel: durch das „*Blasen*", das „*Giessen*", in vielen Fällen auch „*Pressen*" genannt, und als Nacharbeiten zur Vollendung der Form das „*Schleifen*" und „*Poliren*". Letzteres dient zum Thail auch zur Verzierung; ausschliesslich dazu: das Aetzen, Vergolden, Bemalen. — Bei Anfertigung

der grossen Wandspiegel, die ausschliesslich gegossen werden, sowie bei einigen wenigen verwandten Zweigen, wird der Hafen aus dem Ofen genommen und ausgegossen. Bei allen übrigen Fällen bleibt der Hafen unverrückt in dem Ofen und wird das Glas nach Bedürfniss nach und nach mittelst der verschiedenen Arbeitswerkzeuge daraus entnommen; dies nennt man „*Ausarbeiten*", es dient also bei allen Gattungen des Hohlglases, bei dem Tafelglas, den geblasenen Spiegeln und einigen Nebenzweigen. Bei dem Ausarbeiten ist das Blasen die eigentliche Grundlage und das Wesentliche, wobei in vielen Fällen Formen benutzt werden. Die Formen treten am häufigsten als mehr untergeordnete Beihülfe ins Mittel; in anderen weniger häufigen Fällen ist die Anwendung von Formen wesentlicher und das Blasen spielt die untergeordnete Rolle.

Zum Verständniss der Verarbeitung des Glases gehört in erster Linie die richtige Auffassung dessen, was man Blasen nennt. So wie das Blasen der wichtigste Kunstgriff ist, der sich in unzähligen Fällen und Abänderungen beim Ausarbeiten wiederholt und sogar den wesentlichsten Theil von der Herstellung des flachen Tafelglases bildet, so ist auch das vornehmste Werkzeug des Glasmachers das zum Blasen und zur Aufnahme des zu blasenden Glases dienende, die „*Pfeife*". Sie ist ein gerades Rohr von weichem Eisen, nach Art der Flintenläufe geschmiedet, hat aber mehr Wandstärke. Bei einer Länge von ungefähr 1,5 Meter beträgt der äussere Durchmesser 26 Millimeter, der innere halb so viel. Das eine Ende dient zum Einblasen von Luft und ist zu diesem Zweck stets stumpf abgerundet, auch wohl mit einem messingenen Mundstück versehen, zum bequemeren Aufsetzen der Lippen; das entgegengesetzte Ende dient zur Aufnahme des Glases und ist (Fig. 26) mitunter kolbenartig verdickt, mitunter dabei etwas trompetenartig erweitert (*b*), häufig Blasen des Glases.

Fig. 26.

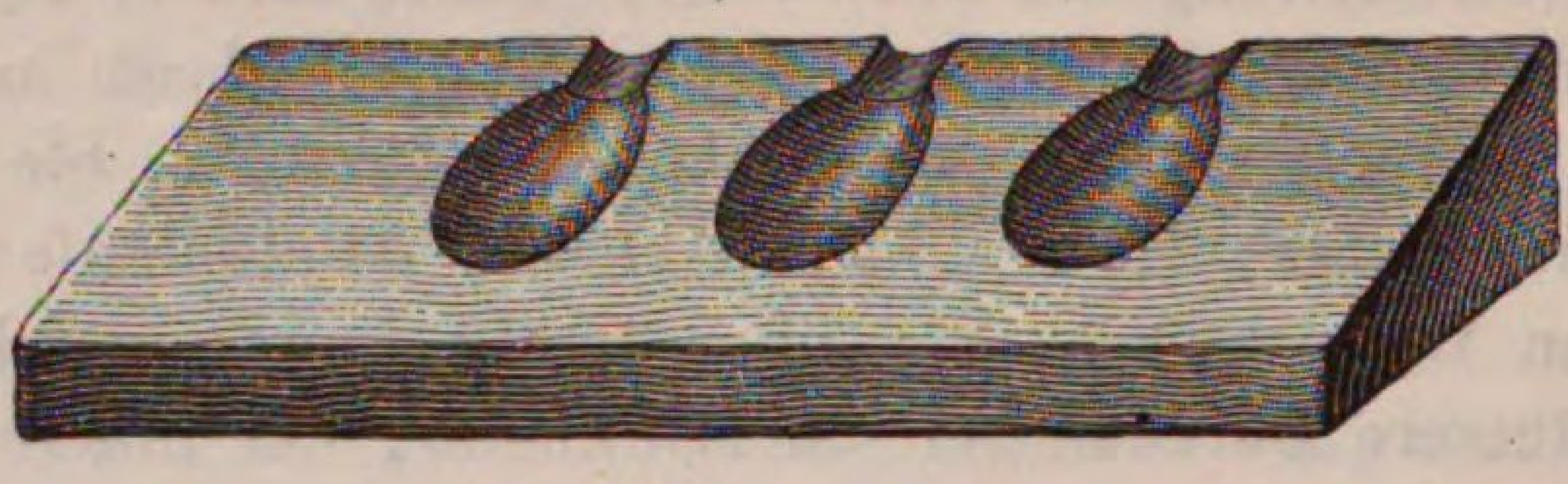


auch ohne diese Anschwellung und Erweiterung (*c*). Bei der guten Wärmeleitung des Eisens wird die Pfeife von dem anhängenden glühenden Glas leicht an demjenigen Theil zu heiss, wo man sie anfasst; man giebt ihr daher häufig, aber auch dieses keineswegs überall, einen übergeschobenen Muff von Holz (*d*).

Blasen des Glases.

Das Glas, namentlich im dickflüssigen Zustande, hat starke Adhäsion zur Metallfläche. Taucht man das Ende der Pfeife in den Hafen unter Glas, so wird beim Herausnehmen an diesem Ende eine gewisse Menge Glas haften, und wenn man, so lange dieses glühend und dehnbar ist, Luft einbläst, so wird es zu einer Blase aufschwellen, die im Allgemeinen zur Kugelgestalt neigt. Beim Ausarbeiten des Glases durch dieses Aufblasen kommt es auf folgende wesentliche Stücke an: vor allem auf eine regelmässige Gestalt der Blase, auf ihren Umfang, auf die Wandstärke und auf diejenigen Abänderungen der Kugelgestalt, welche die Form des zu erzielenden Arbeitsstücks bedingt. Die regelmässige Gestalt der Blase setzt voraus, dass der beim Aufnehmen des Glases an der Pfeife haftende Glasklumpen, in der Hüttensprache *„Ballen"* oder *„Kölbchen"* genannt, regelmässig an der Pfeife sitzt, d. h. symmetrisch um die Axe vertheilt ist. Um dies zu erreichen, bedient man sich des *„Walgstocks"* oder *„Wallholzes"* (Fig. 27), ein Stück grünes oder nasses Buchenholz mit

Fig. 27.



einigen ausgestemmten, halbkugelförmigen Vertiefungen, die beim Gebrauch durch oberflächliches Ausbrennen noch glätter werden. Das Wasser zwischen dem glühenden Glas und dem nassen Holz ist nemlich im sphäroidalen Zustand, das Glas lässt sich darauf wie Thon oder Brotteig beliebig kneten ohne zu zischen. Nach dem Ausnehmen des Glases aus dem Hafen senkt der Arbeiter den Ballen in eine Vertiefung des Walgstocks und giebt ihm durch mässiges Drehen der Pfeife um ihre Axe die gewünschte symmetrische Rundung. Wie vollständig sie auch gelungen sein mag, so wird der Ballen ohne einen zweiten Kunstgriff unfehlbar unregelmässig beim Blasen aufgehen. Während des Aufblasens erzeugt nemlich der glühende Ballen eine Strömung in der Luft, die Luftströmung eine Abkühlung und zwar eine einseitige von unten. Durch einfaches Einblasen würde der nach unten gerichtete rascher abkühlende Theil zurückbleiben, der obere heisser gebliebene Theil vorzugsweise aufgehen. Der Glasbläser von Fach lässt aus diesem Grunde die Pfeife nie ruhen, er erhält sie fortwährend in Axendrehung, eine Bewegung, die seine Hände immer und instinctmässig vollführen. Sie hindert natürlich nur die Ungleichheit der Abkühlung, nicht diese selbst.

Die Ausdehnung des durch Blasen erzeugten Hohlkörpers hängt natürlich von der Dauer des Blasens und der Masse des Ballens ab. Bei einmaligem Eintauchen der Pfeife lässt diese nur ein mässiges Aufblasen

zu, indem sich die Wände sonst zu stark verdünnen. Für die meisten Gegenstände ist deswegen wiederholtes Eintauchen erforderlich; dabei bleibt unerlässlich, den Ballen jedesmal im Walgstock zu bearbeiten, auch wohl, wenn derselbe besonders stark ist, schon während seiner Bildung durch mässiges Einblasen die Höhlung anzubahnen. Es versteht sich, dass der Ballen vor jedem folgenden Eintauchen so weit abgekühlt sein muss, dass das Glas im Hafen an ihm haftet, aber ihn nicht mehr einschmilzt. Man ist so leicht im Stande, für umfangreiche Gegenstände sechs, acht, zehn und mehr Pfunde Glas an die Pfeife zu bringen. Einigermassen umfangreiche Ballen lassen sich in der Regel nicht auf einmal aufblasen, insofern sie zu bald erstarren, sie müssen daher durch Einführen der Pfeife in den Ofen durch die Arbeitsöffnung wiederholt nacherhitzt und erweicht werden („*Aufwärmen*"). An der Seite der Arbeitsöffnung sind zur Erleichterung des Arbeiters Gabeln, oder Eisenschienen mit Einschnitten, Fig. 28, angebracht zum Auflegen der Pfeife. Blasen des Glases.

Fig. 28.



Die Wandstärke des durch Blasen erzeugten Hohlkörpers ergiebt sich aus dem Verhältniss der Masse des Glases zu dem künftigen Umfang, des ersteren. Dickwandige Gegenstände bedürfen unter gleichen Umständen stärkere Ballen, und umgekehrt.

Mannichfach sind die Hülfsmittel, um die Gestalt des aufgeblasenen Glaskörpers möglichst dem herzustellenden Gegenstand anzupassen. Hält man die Pfeife in der Hängelage nach abwärts, so wird sich die beim Blasen entstehende kugelartige Auftreibung durch ihre Schwere etwas in die Länge ziehen, es bildet sich ein halsartiger Ansatz. Durch pendelartige Schwingung der Pfeife kommt zur Schwere noch die Centrifugalkraft hinzu, die Verlängerung geht bis zur Bildung eines wirklichen Halses, man erhält die Beutel- oder Flaschenform im Allgemeinen. Ebenso durch eine auf- und abgehende zuckende Bewegung der Pfeife. Noch weiter getriebene Mitwirkung der Centrifugalkraft macht es möglich, statt der bauchigen, die Walzenform zu erzielen (Lampencylinder, Tafelglas). Giebt der Arbeiter der Pfeife die umgekehrte Stellung, hält er sie also über sich, den Ballon zu oberst, so wird die Schwere den Glaskörper nicht verlängern, sondern einigermassen abplatten, er wird sich beim Aufblasen mehr in die Breite ausdehnen (Tafelglas). Dasselbe wird die Centrifugalkraft thun bei beschleunigter Axendrehung der Pfeife. Ist sie schräg aufwärts geneigt, so wird der Glaskörper, namentlich wenn er bereits mit einem längern Halse versehen ist, sich durch die Schwere abbiegen und krümmen (Retorte).

Ein bis dahin nicht berücksichtigter, aber sehr häufiger Fall ist der, dass der Glaskörper ungleiche Wandstärke haben soll, wie etwa bei Trinkgläsern oder manchen Flaschen, wo die Seitenwände nur einige Centimeter, die Böden einige Decimeter stark sind. Dazu muss der Grund sehr früh, schon bei der Anlage des Ballens, gelegt werden. Während

Blasen des Glases.

man den Ballen im Walgstock abrundet, streicht man ihn (mit einer eisernen Klinge, an einer Gabel etc.) vorwärts („*das Schränken*"), so dass er mehr vor als auf dem Ende der Pfeife sitzt — und giebt ihm durch mässiges Einblasen den Anfang einer Höhlung. Beim Anwärmen wird natürlich der hohle Theil in gleicher Zeit heisser als der noch massive Theil; beim darauf folgenden weitern Einblasen wird der erstere Theil vorzugsweise, der massive ungleich weniger aufgetrieben, es entsteht ein bauchiger Körper mit dickem Boden. Selbstverständlich bleibt dabei alles symmetrisch, von Anfang bis zu Ende.

Lässt man einen Glaskörper beim Aufblasen, während der immer unerlässlichen Drehung der Pfeife, abwechselnd an zwei gegenüber stehende Seiten gegen ein nasses Brett aufschlagen, so entsteht statt dem kugelartigen ein abgeplattetes Bauchgefäss. Stösst man beim Aufblasen gegen ein Brett nach unten, so bildet sich der flache Boden.

Durch Erhitzen einer beschränkten umschriebenen Stelle, gewöhnlicher durch Aufsetzen eines sehr heissen dicken Glastropfens — und heftiges Einblasen wird die betreffende Stelle bis zum Platzen (mit einem kleinen Knall) aufgetrieben. Ein Griff, der zum Lochen der Arbeitsstücke dient.

Neben diesen beim Blasen des Glases vorkommenden Griffen sind noch andere im Gebrauch, die sich nicht minder auf die Dehnbarkeit, aber ohne Mitwirkung des Luftdrucks gründen. Zwei Klumpen glühendes weiches Glas gegen einander gedrückt vereinigen sich sofort, wie Wachs, zu einem einzigen. Bringt man einen glühenden Ballen einem Eisenstab gegenüber, an dessen Ende sich etwas heisses Glas befindet und stösst beide zusammen, so folgt Vereinigung; der Ballon befindet sich nun zwischen Pfeife und Eisenstab (*Nabel-* oder *Heft-* oder *Bindeisen*) befestigt. Entfernt man beide um einige Zoll, so entsteht ein dicker Stab (Formung der Henkel), entfernt man sie weit, so entsteht ein langer dünner Stab (Glasstäbe der Chemiker); war der Ballen vorher mehr oder weniger aufgeblasen, so entsteht ein hohler Stab (Glasröhren). Durch dieses „*Ziehen*" gewinnt man Stäbe und Röhren von 10 bis 20 Meter Länge, die man dann in beliebige Abschnitte theilt. Beim Ziehen verjüngt sich der Ballen in der Art, dass seine abnehmenden Querschnittte stets ähnliche Figuren im geometrischen Sinn bleiben. Ein vorher abgeplatteter Ballen giebt einen flachen Stab oder eine flache Röhre (Thermometerröhren), die Wandstärke geht beim Ziehen mit unverändertem Verhältniss zur lichten Weite in die Röhren, zuletzt in die feinsten Fäden über. — Lässt man etwas Glas an einem Eisenstab („*Fadeneisen*") sehr heiss werden, so wird es beim ruhigen Halten anfangen abzutropfen und einen Faden bilden, wie man solche z. B. um Flaschenhälse legt u. s. w. Als weiche dehnbare Masse lässt sich das Glas weiterhin, in ganz ähnlicher Weise wie Thon auf der Töpferscheibe, gleichsam drehen. Hält man nie

Eisen gegen einen mittelst Drehen der Pfeife in Umlauf versetzten Ballen, so wird das weiche Glas dem Druck ausweichen und eine entsprechende Form annehmen; hält man das Eisen schräg in den angewärmten Hals eines Glaskörpers, so wird sich der Rand erweitern, zuletzt umlegen („*Auftreiben*"). In derselben Weise werden Theile geebnet, abgerundet, nachgebessert.

Es versteht sich von selbst, dass jedes Arbeitsstück zuletzt von der Pfeife getrennt und an der Trennungsstelle nachgearbeitet werden muss. Dazu dient die Eigenschaft des Glases, durch plötzliche Abkühlung zu springen, wenn es seine Dehnbarkeit verloren, aber noch sehr heiss ist. Anhalten eines kalten, unter Umständen benetzten, Eisens erzeugt genau an der berührten Stelle einen Sprung, ein kurzer Schlag auf die Pfeife löst das Stück dann ab („*Sprengen*").

Das Sprengen kommt auch zu anderen Zwecken, bei längst erkaltetem Glase vor. Man überfährt dann den Gegenstand nach der Linie des künftigen Sprungs mit der Kante eines starken, hochrothglühenden Eisenstabes („*Sprengeisen*", „*Kolben*") und betupft die erhitzte Stelle mit dem feuchten Finger.

Nach der Ablösung von der Pfeife sind oft Theile des Arbeitsstückes ganz weg zu nehmen, am gewöhnlichsten durch Beschneiden mit der Scheere nach dem Aufwärmen. Die beschnittenen oder nicht beschnittenen Enden werden zuletzt durch Auftreiben und mit dem Richteisen vollendet.

Viele Gegenstände von Glas sind von einer Gestalt, die durch blosses Blasen überhaupt nicht hergestellt werden kann, so vier- und sechseckige Flaschen und dergleichen mehr. Bei anderen, wo dieses noch möglich, ist das Blasen für sich zu schwierig oder zu umständlich. Bei allen diesen gesellt sich zum Blasen die Anwendung von Formen, die von den einfachsten Geräthen bis zur Höhe von Werkzeugmaschinen gehend, nach den Umständen von blossem Holz, von Thon oder von Metall, Eisen oder Messing sind. Das Aufblasen des Kölbchens geschieht dann innerhalb der Form, so dass sich dies Glas durch den Luftdruck überall an den innern Umriss in alle Vertiefungen und an alle Ausladungen, wo solche vorkommen, möglichst genau anlegt. Dies kann jedoch nur erfolgen bei geschlossenen Formen mit enger Mündung. In weiten, offenen oder mehr flachen Formen, wenn sie nicht von den allereinfachsten sind, wird das Glas lieber von oben aus der Form heraustreten, anstatt sich in die Einsprünge und Ausladungen einzudrängen; solche Formen sind dann wenigstens vorübergehend durch Klappen und Hauben zu geschlossenen zu machen. Schon einigermassen bei geschlossenen Formen überhaupt, mehr noch bei solchen mit Unterschneidungen, einspringenden Theilen u. s. w. kann die Luft öfter nicht leicht genug oder gar nicht entweichen; es ist daher an den entsprechenden Punkten für Abzugsöffnungen zu sorgen. — Bei dem eigenthümlichen Verhalten des Glases

Blasen in Formen.

Blasen in Formen.

ist eine völlig scharfe Abformung durch Einblasen von Glas unmöglich: Kanten und Ecken kommen stumpf, Flächen erscheinen uneben ohne reinen schlichten Spiegel und von geringerem Glanz, bei mehrtheiligen Formen kommen die Nähte hinzu, so dass das Ganze weniger sauber und ansprechend erscheint und deutliches Zeugniss davon ablegt, dass die Natur des Glases im Allgemeinen für die Behandlung mit Formen ungünstig ist. Mittelst Formen hergestellte Gegenstände stehen daher im Ansehen sowohl gegen frei geblasene als gegen geschliffene zurück. Ein je besserer Wärmeleiter die Form, um so rascher kühlt sie das eingeblasene Glas, um so grösser der Fehler. Metallformen sind die ungünstigsten, Thonformen schon besser. Bei Holzformen fällt der Nachtheil ganz weg, weil sie entweder nass angewendet werden, oder im trocknen Zustande oberflächlich verkohlen und so durch die Entwicklung von Wasser und brenzlichen Dämpfen die Glätte des Glases bewahren. Holzformen pflegt man übrigens zwar sehr häufig, aber nur für die einfachsten Gegenstände, mehr nebenbei als Unterstützung des Blasens, zu gebrauchen, weil sie durch Werfen, Ausbrennen u. s. w. alsbald untauglich werden. So giebt man z. B. dem Bauch gewöhnlicher Weinflaschen oft die Walzenform rasch und einfach durch Einblasen in einen Holzklotz mit einem durchgehenden walzenförmigen Loch — Thonformen bieten immer etwas rauhe Oberflächen, an die das Glas obendrein gern anklebt. Einlagen von Strohhalmen, Einstäuben von Harz, die ähnlich wie Holz verkohlen, sind die gewöhnlichen Gegenmittel. — Zu Glaswaaren von verwickelter Gestalt, mit vielfach gebrochenen Umrissen, Unterschneidungen und Ausladungen, sind die Formen kaum anders als von Metall, am besten von Messing herzustellen, dessen Eigenschaften sichere Herstellung durch Giessen, Schärfe und Dauerhaftigkeit bedingen. Um das Glas gehörig in die feineren Vertiefungen einzutreiben, müssen sie geschlossen und deswegen wiederum mehrtheilig, mit Klappen, beweglichen Böden, Kopftheilen angelegt sein. Rasches und leichtes Schliessen und Oeffnen der Form bei möglichst dichten Fugen ist eine Hauptbedingung, der man oft mit besonderen Mechanismen entgegenkommt. Solche zusammengesetztere Metallformen dienen hauptsächlich für Schleifwaaren von Krystall, um das zeitraubende auch glasfressende Ausarbeiten des Schliffes aus dem Vollen der bloss durch freies Blasen hergestellten Arbeitsstücke zu umgehen, die dann von entsprechender beträchtlicher Wandstärke sein müssen. Aus den Formen kommen dagegen die Stücke mit allen Einzelnheiten des Umrisses, so dass das Schleifen nur als ein Nachholen der vollen Schärfe und Reinheit dasteht. Früher hat man in der Form geblasene Waaren dieser Art, im ungeschliffenen Zustande nur in beschränktem Maasse in den Handel gebracht. Sie kommen zwar ungleich billiger zu stehen, als geschliffene, stechen aber allzustark durch trübes und unklares Ansehen von den Schleifwaaren ab. In neuerer Zeit hat sich dies jedoch sehr geändert, indem man gelernt hat solche Waaren mit ausgezeichnetem Glanz aus Formen

herzustellen, so dass sie sich von den geschliffenen nur durch stumpfere Kanten, auch durch etwas sichtbare Formnähte unterscheiden.

Zum Giessen ist das Glas, wegen seiner Zähflüssigkeit, die es beim Eintragen in die Formen besitzt oder doch sogleich annimmt, noch weniger geeignet, als zum Blasen in Formen. In dem Sinne wie bei Metallen, Gyps und dergleichen, kommt das Giessen bei Glas überhaupt nicht vor. Wo man von Giessen spricht ist immer mechanischer Druck wesentlich mitwirkend, sei es nur von Hand mit Hebel, sei es mit Schraubenpressen, sei es mit Walzen oder sonst wie. Diese Art der Formung ist daher im Ganzen beschränkt; sie findet statt bei gewissen flachen Waaren: Deserttellern, Salzfässern und dergleichen, die der gewöhnliche Sprachgebrauch auch sehr richtig „*gepresste*“ Waare nennt. Wesentlich ist das Giessen bei der Herstellung der grossen Wandspiegel, aber auch hier ist die Bezeichnung uneigentlich für ein blosses Auswalzen grösserer geschmolzener Glasmassen zu dicken Tafeln gebräuchlich. Giessen und Pressen.

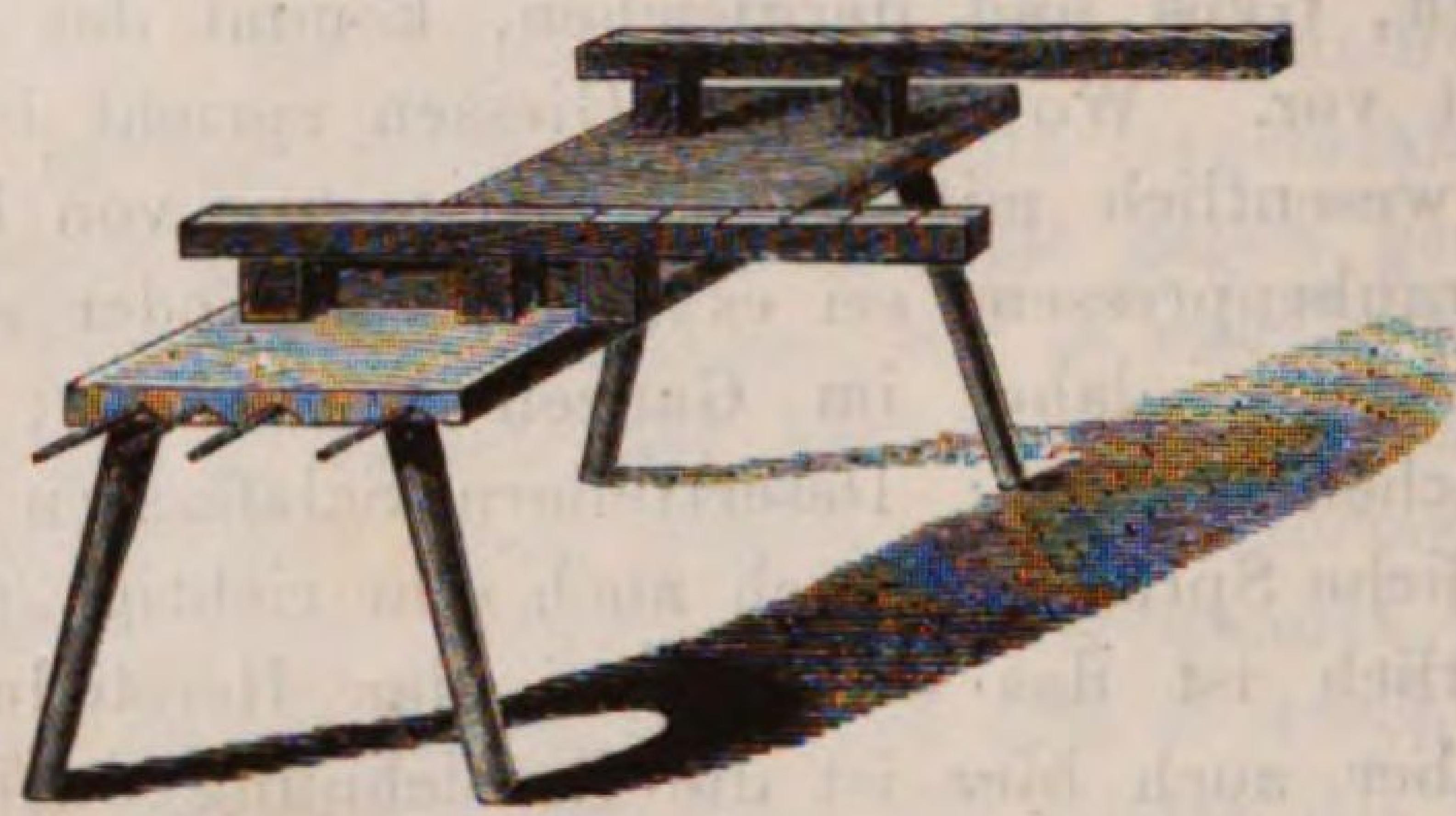
Die Ausführung der verschiedenen zum Ausarbeiten gehörenden Verrichtungen kann selbstverständlich nur in der unmittelbaren Nähe der Arbeitsöffnungen zum Aufnehmen und Anwärmen des Glases geschehen. Für die betreffenden Zweige, also Hohlglas aller Arten, Tafelglas u. s. w. ist der Ofen an der Seite der Arbeitsöffnungen mit einer Bühne von Holz oder Mauerwerk versehen, die dem Glasbläser den gehörigen Stand nach der Höhe, sowie den geeigneten Raum für jene Verrichtungen, nebst dem Aufstellen der Werkzeuge und sonstigen Hülfsmittel gewährt. Die Bühne muss mit Lücken oder Einschnitten zwischen den Arbeitsplätzen versehen sein, zum Spielraum der Pfeife in der Hängelage, beim Schwingen u. s. f., indem die einfache Mannshöhe bei der nothwendigen Länge der Pfeife mit daran haftenden grösseren Arbeitsstücken nicht mehr zureicht. Zu den Geräthen, die auf oder bei der Bühne untergebracht werden müssen, gehören: einige Pfeifen zum Wechseln, die Heft- und Fadeneisen, die Federzangen, Scheeren, Richteisen, die Wallhölzer, Gabeln zum Auflegen der Pfeifen, dann noch zwei bis dahin nicht erwähnte. Zuvörderst der „*Glasmacherstuhl*“ (daher „*Stuhlarbeit*“), Fig. 29 a. f. S; eine Bank mit zwei parallelen Leisten wie Armlehnen eines Sessels, um der quer übergelegten Pfeife durch Hin- und Herrollen die beim Auftreiben nothwendige Axendrehung zu ertheilen; die Stifte an der schmalen Seite dienen zum Aufhängen der Zangen, Scheeren u. s. w. Ferner Tröge mit Wasser und zwar kleine zum Abkühlen der kleineren Geräthe, sowie ein grosser zum Einlegen der heiss gewordenen Pfeifen. Beim Abkühlen der Pfeife im Wasser springt das ansitzende Glas nach allen Richtungen und löst sich dann leicht durch Abschlagen über einen Kasten, der zum Sammeln dieser Abfälle, sowie der Scheerenabschnitzel, des Bruchs u. s. f. ebenfalls zur Hand sein muss. Bühnen- und Arbeitsplatz. Stuhl.

Wie das Schmelzen, so kann auch das Ausarbeiten Gelegenheit zu

Stuhl.

Fehlern im Glase an sich, abgesehen von blossen Mängeln der Form geben. Bei unvorsichtigem Schüren oder schlechtem Gang des Feuers führt die Flamme leicht Aschentheile mit sich, die beim Anwärmen der

Fig. 29.



Arbeitsstücke anklebend, Unreinheit, Flecken, oder gar durch Gasentwicklung Blasen veranlassen. Gerade so wie Flugasche kann auch Staub aus der Hütte bei ungenügender Reinhaltung und starker Zugluft nachtheilig werden.

Arbeitsfehler.

Ist bei wiederholtem Aufnehmen des Glases der Ballen im Wallholz nicht gehörig abgeglichen, also uneben mit Vorsprüngen und Vertiefungen, so kommt es leicht, dass Luft mit eingeschlossen wird und entstellende Blasen bildet. Von der Pfeife in den Hafen zurücktropfendes schon zu kalt gewordenes Glas bleibt mitunter, namentlich wenn der Ofen selbst zu kalt geht, im Hafen liegen ohne zu zergehen. Bei dem nächsten Aufnehmen kommen solche Tropfen zu kalten Glases dann oft in den Ballen und bleiben in dem Arbeitsstück als erhabene Streifen, eine andere Art „*Winden*" sichtbar. — Umfangreichere Arbeitsstücke werden leicht beim Anwärmen durch Anstreifen an den Rand der Arbeitsöffnung beschädigt.

Hohlglas.

Flaschenglas.

Allgemeines.

Im ganzen Bereich dessen, was in den Begriff des Hohlglases fällt, giebt es keinen Gegenstand von so massenhaftem Verbrauch als die gewöhnlichen Flaschen zum Aufbewahren von Wein, Bier u. s. w. Frankreich, das bedeutendste Weinland mit sehr starker Ausfuhr, bedarf allein über 100 Millionen, mit England, dem Zollverein und Oestreich zusammen gegen 200 Millionen Stück, entsprechend gegen 2 Millionen Centner Glas. Dieses ungeheuren Bedarfs, aber auch der besonderen Natur des Glases wegen, hat sich die Fabrikation von Flaschen als ein für sich bestehender Zweig von der übrigen Hohlglasfabrikation getrennt.

Der Gebrauch der Glasflaschen, nicht vor dem 15. Jahrhundert aufgekommen, erstreckt sich heutzutage auf die Aufbewahrung von Flüssigkeiten im Allgemeinen, insbesondere aber auch auf die Versendung und das Lagern. Bei diesen Anwendungen ist daher vorausgesetzt, dass das Glas auch bei monate- und oft jahrelanger Berührung mit den Flüssigkeiten von chemischen Angriffen verschont, dass es weder zu spröde noch zu empfindlich, in gewissem Grade dem Stoss und Schlag, ganz besonders auch einem höheren Druck widersteht, und beiläufig soviel Durchsichtigkeit besitzt, als zur Beurtheilung der eingeschlossenen Flüssigkeit, ihres Standes, ihrer Trübung oder Helligkeit erforderlich. Der chemische Widerstand hängt zumeist von der Mischung des Glases, namentlich davon ab, dass es nicht zu viele Basen und unter diesen nicht zu viele Alkalien enthält. Der Widerstand gegen Stoss und Schlag ist wesentlich durch gute Kühlung, aber auch von der Wandstärke bedingt; ebenso der Widerstand gegen Druck von Gasen. Geistige Flüssigkeiten pflegen nemlich sehr oft durch Nachgährung auf den Flaschen, Kohlensäure zu entwickeln; bei Schaumweinen wird eine sehr reichliche Entwicklung dieses Gases durch vergährende Zusätze absichtlich hervorgerufen; bei künstlichen Mineralwässern wird jenes Gas durch Druckpumpen eingetrieben. Je nach der Menge des in der Flüssigkeit enthaltenen Gases und der herrschenden Temperatur, übt dasselbe einen Druck von innen nach aussen auf die Wände der Flasche, der sich bei Schaumweinen z. B. auf 10 bis 12 Atmosphären und darüber steigert. Es ist also Sorgfalt bei der Fabrikation unerlässlich. Ziemlich gleichgültig für den Gebrauch ist die Farbe des Glases; man verfertigt die Flaschen um so mehr und um so allgemeiner aus dunkelfarbigem Glas, weil hellfarbiges die Waare durch Ausschliessung der billigsten Rohstoffe vertheuern würde. Kaum durchsichtiges oder undurchsichtiges Glas, wie es in früheren Zeiten gewöhnlich war, auch jetzt noch hier und da (unter dem Namen „*Hyalith*") gefunden wird, ist aus obigen Gründen ziemlich ausser Gebrauch gekommen. Die gewöhnlichen Farben sind ein noch hinreichend durchsichtiges Grün, Olivenfarbe, Braun und Braungelb. Allgemeines.

Von den Rücksichten billiger Erzeugung geleitet, verarbeitet jede Hütte die wohlfeilsten Rohstoffe, die ihr nach Massgabe ihrer Lage und Verkehrsbedingungen zu Gebote stehen. Aus diesem Grunde herrscht bei Flaschenglas weniger Uebereinstimmung der Mischung, als bei irgend einem anderen Zweig der Glasfabrikation, die Sätze wechseln von Hütte zu Hütte. Sand, namentlich gelber lehmiger Sand, Kalkstein, Kreide, Mergel, Varec, Holzasche, ausgelaugte Holzasche (Seifensiederfluss), Glaubersalz, Kochsalz, auch Braunstein sind die gewöhnlichen Rohstoffe. Der letzte dient nicht als Entfärbungs-, sondern als Färbungsmittel und Bestandtheil des Glases zu olivengrünem und braunem Glas in grösseren Mengen, zu jenem 2 bis 3, zu diesem 8 bis 10 Kilog. für jeden Hafen. Dazu kommen noch, wie immer, Glasbrocken. Das Koch- oder Seesalz hat sich als ein besonders wirksames Flussmittel bewährt und ist in man- Rohmaterial.

Roh-material.

chen Hütten das einzig angewendete Alkalisalz. Wo die Steuerverhältnisse hinderlich sind, hat man oft Glaubersalz mit einem grossen Ueberschuss an Chlornatrium von den Sodafabrikanten bezogen. Varec ist seit der Entwicklung der Leblanc'schen Sodafabrikation, bis auf wenige für dieses Produkt günstig gelegene Hütten, durch Glaubersalz ersetzt. — Laven und Basalte, schon seit Chaptal wiederholt in Bezug auf ihre Wohlfeilheit, Leichtflüssigkeit und den Glanz empfohlen, den sie im glasigen Fluss annehmen, haben aus guten Gründen keineswegs so allgemeinen Eingang gefunden, wie man hätte erwarten sollen: theils wegen der allzudunkeln Farbe, die sie dem Glas ertheilen, theils wegen der grossen Veränderlichkeit ihres chemischen Bestandes, die häufig nachtheilige Verschiebungen der Mischung des Satzes verursacht. Diese Unzuträglichkeiten in der Beschaffenheit des Glases aus Basalt u. s. w. lassen sich nur dadurch vermeiden, dass man über einen mässigen Betrag von höchstens 15 bis 20 Procent des Satzes nicht hinausgeht, oder Brocken von weissem Glas zusetzt (Schrickel), womit freilich der Vortheil der Wohlfeilheit in gleichem Masse verloren geht. Granite, wenn nicht zu glimmerreich, geben bei ziemlicher Leichtflüssigkeit ein hellfarbiges, Feldspathe, die jedoch nur an wenigen Orten billig zu haben sind, ein farbloses Glas. Schwerspath neuerdings von Jeanne angewendet, macht das Glas leichtflüssig, aber weich, so dass man sich genöthigt gesehen hat etwas Kaolin zuzusetzen, um es zu härten. Manche Hohofenschlacken sind dem Flaschenglas ähnlich und können als Zusätze dienen, sind aber von schwankender Beschaffenheit.

Sätze.

Folgende Sätze für Flaschenglas mögen zur Erläuterung der Art dienen, wie man die Materialien verwendet.

	1.	2.	3.	4.	5.
Sand (lehmig)	—	50	100	100	100
Kalk	—	—	85	70	75
Kreidemergel	30	50	—	75	25
Lehm	100	100	—	40	85
Holzasche, als solche . . .	—	—	60	50	—
Holzasche, ausgelaugt . .	55	—	—	—	—
Varec	7,5	25	5	—	30
Glaubersalz	—	—	2	7,5	2
Glasbrocken und Heerdglas	125	75	66	beliebig	
	317,5	300	318	342,5	317

Nro. 1 bis 2 inclusive Umgegend von Paris; der Lehm ist reich an kohlensaurem Kalk und Eisenoxydul. Nro. 3 bis 5 inclusive um das Jahr 1850 im Departement de la Meuse zu Champagnerflaschen; die ausgelaugte Asche ist vorher getrocknet und gesiebt.

	6.	7.		8.	9.
Sand	100 —	100	Sand	100 —	100
Kalkstein . . .	— —	34	Gebrannter Kalk .	1 —	1,8
Holzasche . . .	160 —	—	Schwerspath . . .	100 —	151
Glaubersalz . . .	— —	25	Glaubersalz . . .	35 —	18
Basalt	50 —	5	Kaolin	2 —	9,4
Kohle	— —	3	Koke	6 —	9,2
	310 —	167		244 —	289,4

Nro. 6 und 7 soll zu Champagnerflaschen taugen. Nro. 8 und 9 nach Jeanne, leichtflüssiger als mit blossem Glaubersalz geschmolzenes Glas, dabei wohlfeiler und von schönerem Glanz.

Die tiefe Färbung des Flaschenglases rührt von dem Eisengehalt, sowie von dem Gehalt an organischer Substanz des Satzes neben schwefelsauren Alkalien her.

In keinem Zweige des Glashüttenwesens ist Fritten des Satzes so in Uebung geblieben, wie bei Flaschenglas, wo die Unreinheit der Rohstoffe auch am meisten darauf hinweist. Ein gewöhnlicher Glasofen mit acht Häfen arbeitet mit vier Frittöfen. Zum Behuf des Frittens breitet man die miteinander gemischten Bestandtheile des Satzes, vorläufig ohne die Glasbrocken, auf der Sohle des Frittofens aus. Mit eintretender Glühhitze ist das Gemisch öfter und fleissig mit der Krücke zu bearbeiten, damit die leichtflüssigen alkalischen Salze nicht aussaigern und die Masse locker bleibt. Bei unvorsichtiger Arbeit oder zu hoher Temperatur backt sie zusammen, haftet an der Sohle und muss dann mit Schaden und Aufwand an Arbeit ausgebrochen werden. Der Zweck ist lediglich Austreibung von Feuchtigkeit, Kohlensäure, Zerstörung organischer Substanzen, Einleitung der chemischen Bindung des Satzbestandes; der Gang des Frittens ist so zu handhaben, dass die Beschickung eben in den Zeitabschnitten zur Gare gelangt, wo das Schmelzen, zunächst das Eintragen in die Häfen beginnt. Fritten.

Mit dem Schluss des Ausarbeitens begiebt man sich an die Reinigung des Rostes von Asche und Schlacken, an die Aufräumung des Feuers und seine Instandsetzung zum Scharffeuer für das Schmelzen. Nach diesen Zwischenarbeiten folgt das Eintragen der Fritte in die Häfen und zwar im glühenden Zustande. Zu dem Vortheil einer geringeren Abkühlung und grösseren Schonung der Häfen kommt noch der weitere hinzu, dass bei dem gefritteten, mithin dichteren, weniger aufschäumenden Satz eine geringere Zahl Einträge genügt, um den Hafen mit Glas zu füllen. Der Inhalt der acht Häfen entspricht der Beschickung von zwei Frittöfen; in den beiden übrigen befindet sich die Beschickung für die nächste Schmelze im Beginn des Frittens, so dass beide Paare stets abwechseln. Bei gutartigem Satz mit reineren Rohstoffen genügen auch wohl zwei Frittöfen. — Eine eigentliche Läuterung im strengen Sinn des Wortes würde Schmelzen.

bei dem Flaschenglas zwecklos, eine überflüssige Vermehrung der Kosten sein. Man schreitet zum Ausarbeiten, sobald das Glas frei ist von Körnern, die leicht Bruch veranlassen, und so ziemlich frei von Blasen. Besonders im Auge zu behalten ist, dass das Flaschenglas zum Entglasen und zu milchiger Trübung mit blauem Farbenspiel neigt. Beiderlei Fehlern ist durch Abänderung des Satzes zu begegnen. Es wird behauptet, dass namentlich ein zu starker Versatz mit Glasbrocken die Entglasung befördern und das Glas spröde und brüchig machen, was bei Flaschen mit moussirendem Getränke zu berücksichtigen.

Brennstoffe. Aus Gründen der Wohlfeilheit sucht man oft geringwerthige Brennstoffe für den Flaschenglasbetrieb auf, so Torf mit Gasfeuerung, am meisten dagegen Steinkohlen, zumal der Nachtheil der unreinen Flamme hier nicht in Betracht kommt. Wenn ein Hafen 20 Centner Satz fasst, so fasst ein Ofen von 8 Häfen zusammen 160 Centner, woraus etwa $^3/_5$, also 96 Centner nutzbares Glas erfolgen, bei einem Aufwande von 160 Centner Steinkohle beim Schmelzen und 60 Centner im stillen Feuer während des Ausarbeitens, zusammen 220 Centner. Demnach erfordert 1 Gewichtstheil Flaschenglas 1,3 Gewichtstheile Steinkohle, oft 2 Gewichtstheile. Die Schmelzzeit ist 12 bis 14 Stunden; das Heissschüren 3, das Kaltschüren $1^1/_2$ Stunden.

Blasen; ältere Art. Das Flaschenblasen in seiner Fortentwicklung aus den ursprünglichen Handgriffen giebt ein treffliches Beispiel der Hohlglasfabrikation überhaupt. Die älteste Art der Formung ist aus der Figuren 31 bis 36, und dem, was über das Blasen im Allgemeinen Seite 77 gesagt ist, leicht verständlich. Nach dem Aufnehmen des Glases mit der Pfeife, dem Schränken und Behandeln auf dem Wallholz entsteht der Glaskörper Fig. 30, aus diesem durch Aufwärmen, stärkeres Einblasen und Schwenken ein langhalsiger Kolben, Fig. 31. Ist dieser zum zweiten Mal nachgewärmt, so giebt man ihm durch Einführung in die Höhlung *c* der Holzform *a b*, Fig. 32, durch gleichzeitiges Einblasen die Walzenform, Fig. 33, womit die Flasche bis auf Boden und Mundstück geformt ist. Zu dem ersteren wärmt man nun zum dritten Mal, aber ausschliesslich die untere Fläche an, worauf ein Gehülfe, wie Fig. 34 zeigt, das Hefteisen *a* ansetzt, den Boden einwärts treibt. Der Bläser kann nun den Hals bei *c* von der Pfeife abschneiden. Damit die Schnitte stets an dieselbe Stelle und die Flaschen gleich hoch ausfallen, bedient man sich zuweilen eines angelegten Masses, oder des „*Walzenkandels*", Fig. 35, mit der Rinne *a* für den Bauch und der Rückwand *b* für den Boden der Flasche. Die Flasche sitzt nun an dem Hefteisen als Handhabe zum Fertigmachen des Halses. Nachdem der vordere Theil desselben durch das vierte Aufwärmen erweicht ist, nimmt der Bläser etwas Glas mit dem Fadeneisen aus dem Ofen, lässt dieses abtropfen, bis es einen dicken Faden bildet, den er um den glühenden Flaschenhals windet. Abschneiden des Fadenrandes mit der Scheere, Schlichten des Halses mit Richteisen und Federzange bildet den Schluss. Der Gehülfe

Blasen; ältere Art:

nimmt die fertige Flasche, Fig. 36, in Empfang, trägt sie nach dem Kühlofen und löst das Hefteisen, mittelst dessen er sie in die richtige Lage gebracht, durch einen kurzen trocknen Schlag. — Die grossen Schwierigkeiten dieser Formung aus freier Hand, denn sie ist kaum mehr, — nemlich gleiche Grösse und gleicher Inhalt der Flaschen, fester Stand durch gleichmässigen Boden, passende Gestalt des Halses — überwindet das bewunderungswürdige Augenmass und die Uebung des Glasbläsers bis auf wenige Ausnahmsfälle. Gewisse Fehler sind jedoch der Natur der Sache nach von dieser Formung unzertrennbar: die Anheftestelle des Hefteisens mit scharfem, schneidendem Bruch, der „*Nabel*"; ebenso der starke Anspruch an die Gewandtheit und Geschicklichkeit des Glasbläsers, welcher mehr oder weniger seine Leistung nach der Stückzahl herabdrückt.

neuere Art.

Seit durch Theilung der Arbeit die Flaschen Gegenstand eines besonderen Zweiges geworden, seit ferner für die verschiedenen Verbrauchsarten gewisse typische feststehende Gestalten der Flaschen (Bordeaux-, Rheinwein-, Porterflaschen u. s. w.) aufgekommen, hat man durch verbesserte Werkzeuge und mechanische Vorrichtungen, vermehrte Sauberkeit der Arbeit, Gleich-

Fig. 30.



Fig. 31.



Fig. 33.



Fig. 36.



Fig. 35.

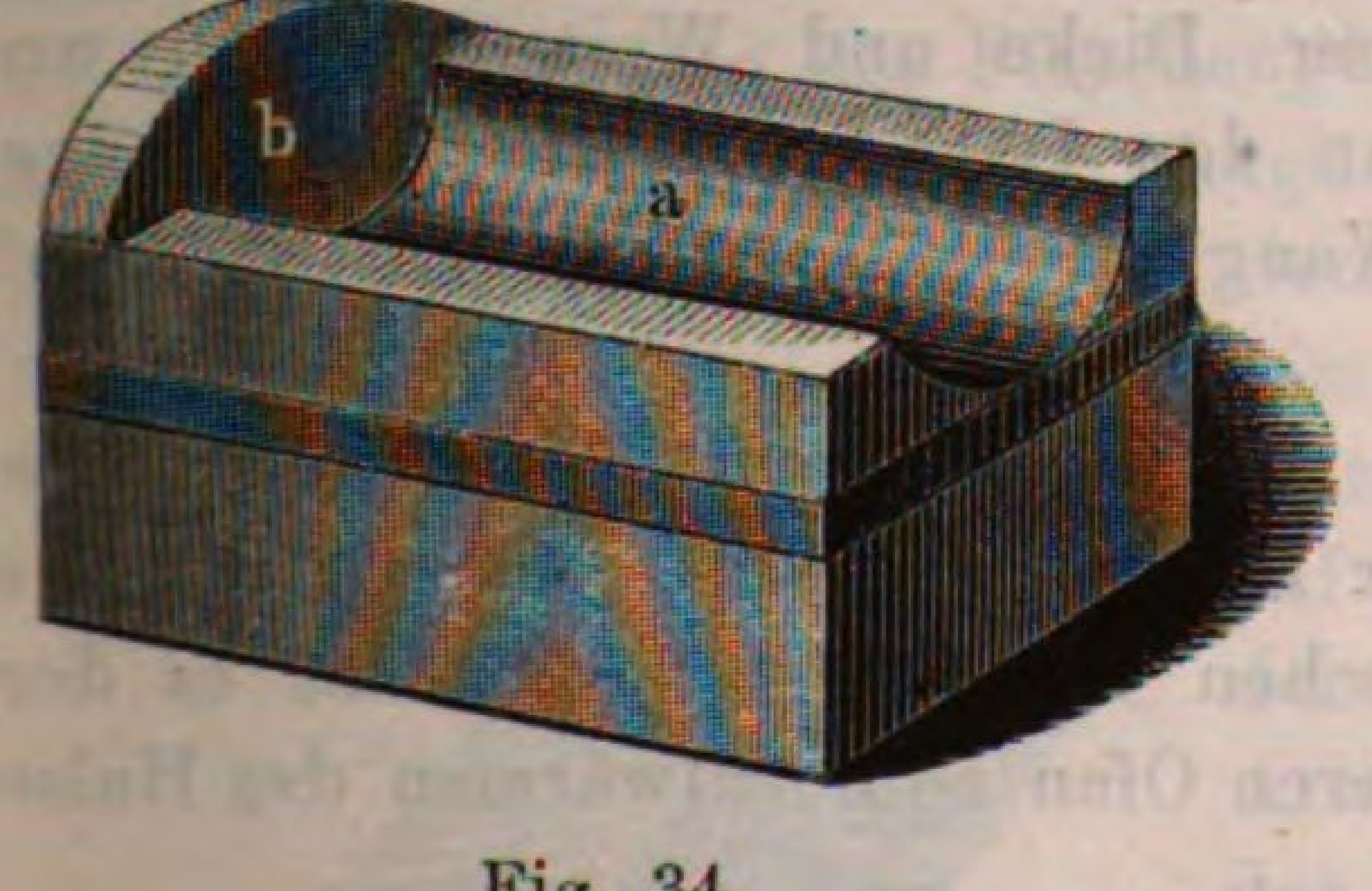


Fig. 32.

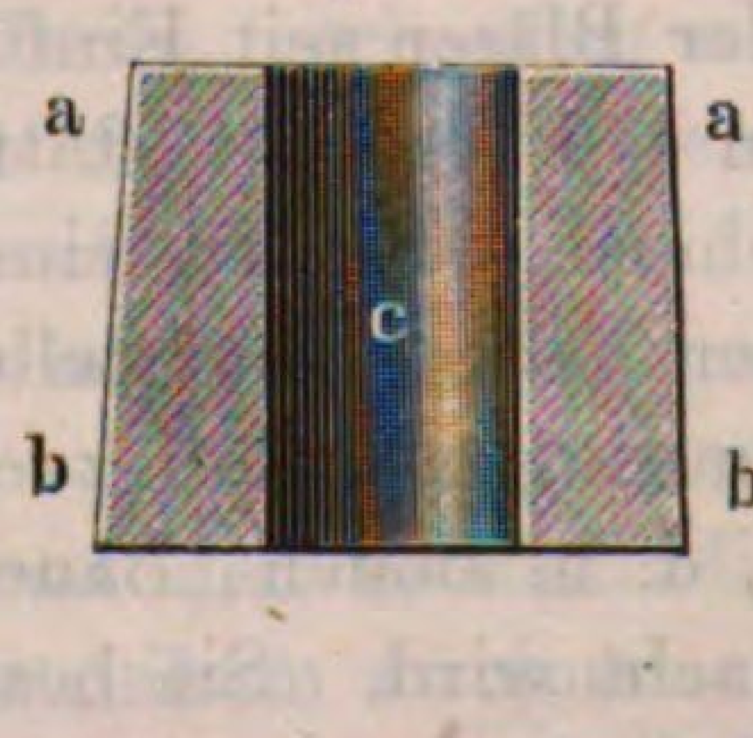
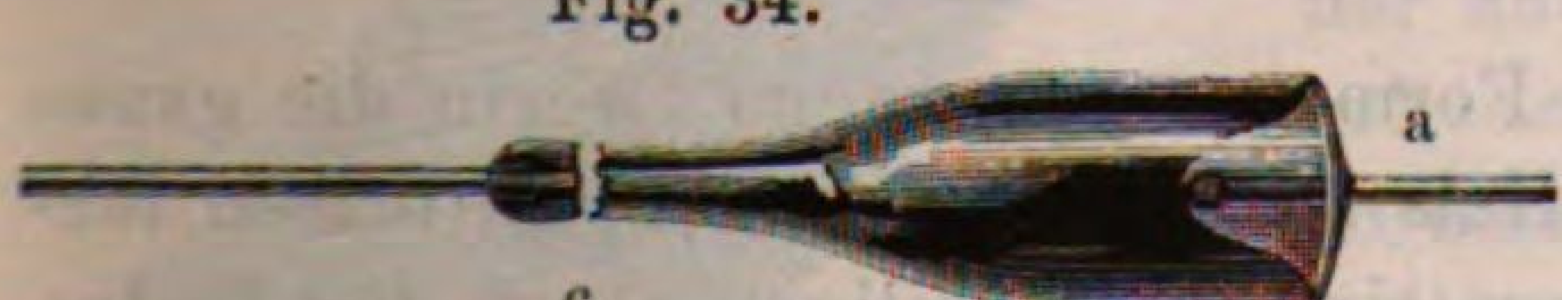


Fig. 34.



heit des Inhalts und des Aeussern bei grösserer Leistung des Arbeiters angestrebt und erreicht. Durch diese Fortschritte hindurch hat sich der ein-

Blasen; neuere Art.

getriebene Boden der Flasche fast durchgehends erhalten, nicht bloss im Sinn seiner ursprünglichen Bestimmung, der Flasche einen festen, sichern Stand zu geben, sondern zumeist aus dem Grunde, weil diese Erhöhung im Bodentheil den Inhalt der Flasche weit grösser erscheinen lässt, als die Wirklichkeit. Für diesen Theil gehen die Verbesserungen daher nur auf die Sauberkeit der Arbeit hinaus. Hierher gehören zunächst die am Ende abgeplatteten und abgerundeten Hefteisen, die mit breiter Fläche weniger fest aufsitzen, aber doch hinreichend ankleben, so dass sie beim Ablösen der fertigen Flasche kaum Spuren der Anheftestelle hinterlassen. Vollständiger entspricht dem Zweck der „*Einstich*“, Fig. 37, bei welchem die Scheibe *a* den Bodenrand der Flasche auf das Genaueste ebnet, während der Theil *b* (er ist hohl zur Aufnahme einer knopfartigen Verdickung dieser Stelle, wie sie an manchen Schaumweinflaschen üblich) den Boden eintreibt. Statt dessen dient auch vielfach der sogenannte „*Patentboden*“, Fig. 38 *a* und *b*, auf welchen die Holzform aufgesetzt wird, so dass beim Aufblasen Boden und Bauch der Flasche zugleich fertig werden. Bei dieser Art von Formung des Bodens fällt das Anheften des Nabeleisens ganz und gar fort; weil man jedoch zum Abschneiden der Flasche von der Pfeife und zur Bearbeitung des Mundstücks eine Handhabe bedarf, hat man ein besonderes Werkzeug, welches den unteren Theil der Flasche in derselben Weise fasst, wie eine Reissfeder die Zeichenkreide, so Fig. 39. — Zur raschen Herstellung eines sauberen Mundstücks von gleicher Weite und Gestalt sind die federnden Zangen Fig. 40 und 41 gebräuchlich. Das stöpselförmige Stück *a* steckt in der aufgewärmten Mündung, durch Umdrehen formen die Wangen *cc* den Wulst von aussen, während der durch Löcher der Wangen hindurch gehende Stab mit den Stiften *oo* diese in der richtigen Lage halten. Bei der Zange Fig. 40 wirken die Wangen durch einfache, bei der Fig. 41 durch rollende Reibung, wo *a* in den Flaschenhals geschoben wird, während man die Wangen *c, c* bis an *b* und damit gegen die zu formende Flaschenmündung andrückt. Um Flaschenmündungen von verschiedener Dicke und Weite mit ein und derselben Zange zu formen, hat man den Dorn aus zwei verstellbaren Stücken; ebenso die betreffenden Wangentheile, wie bei Collignon's Flaschenzange.

Auf den „Vereinigten Hütten“ des Departements Loire und Rhone macht der Bläser seit Einführung der Zangen zu Mundstücken, mit zwei Gehülfen täglich, 650 statt 600 Flaschen wie früher. Man hat es dort entsprechend gefunden, einen besonderen Ofen zum Aufwärmen des Halses bei dieser Arbeit aufzustellen.

Zusammengesetzte Formen.

Von England sind zuerst die Formen ausgegangen, worin die ganze Flasche, d. h. Boden, Bauch und Hals mit einem einzigen Aufblasen fertig gemacht wird. Sie bestehen aus einem eintheiligen Stück für Boden und Bauch und aus einem zweitheiligen Stück für den Hals, welches letztere durch Tritt und Gegengewicht leicht auf- und zugeklappt werden kann. Selbstverständlich muss das Mundstück in der eben beschriebenen

Weise noch besonders nachgeholt werden. Auf diese Art sind die meisten Porter- und Aleflaschen hergestellt, allerdings durch weniger spiegelnden

Fig. 37.



Fig. 38.

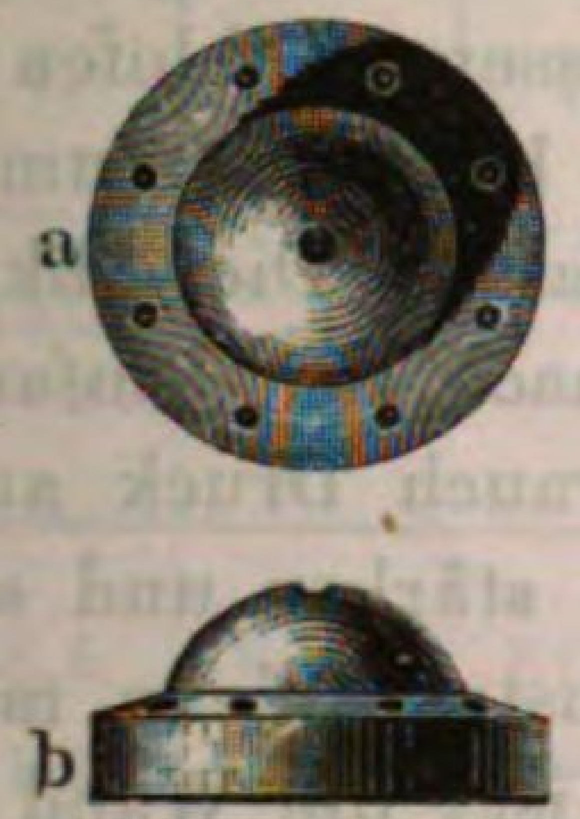


Fig. 39.



Fig. 40.

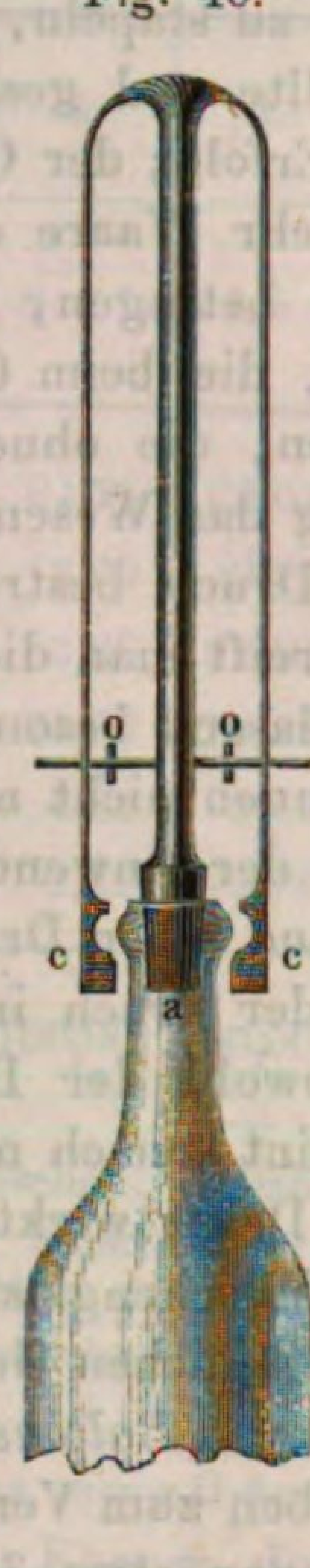


Fig. 41.

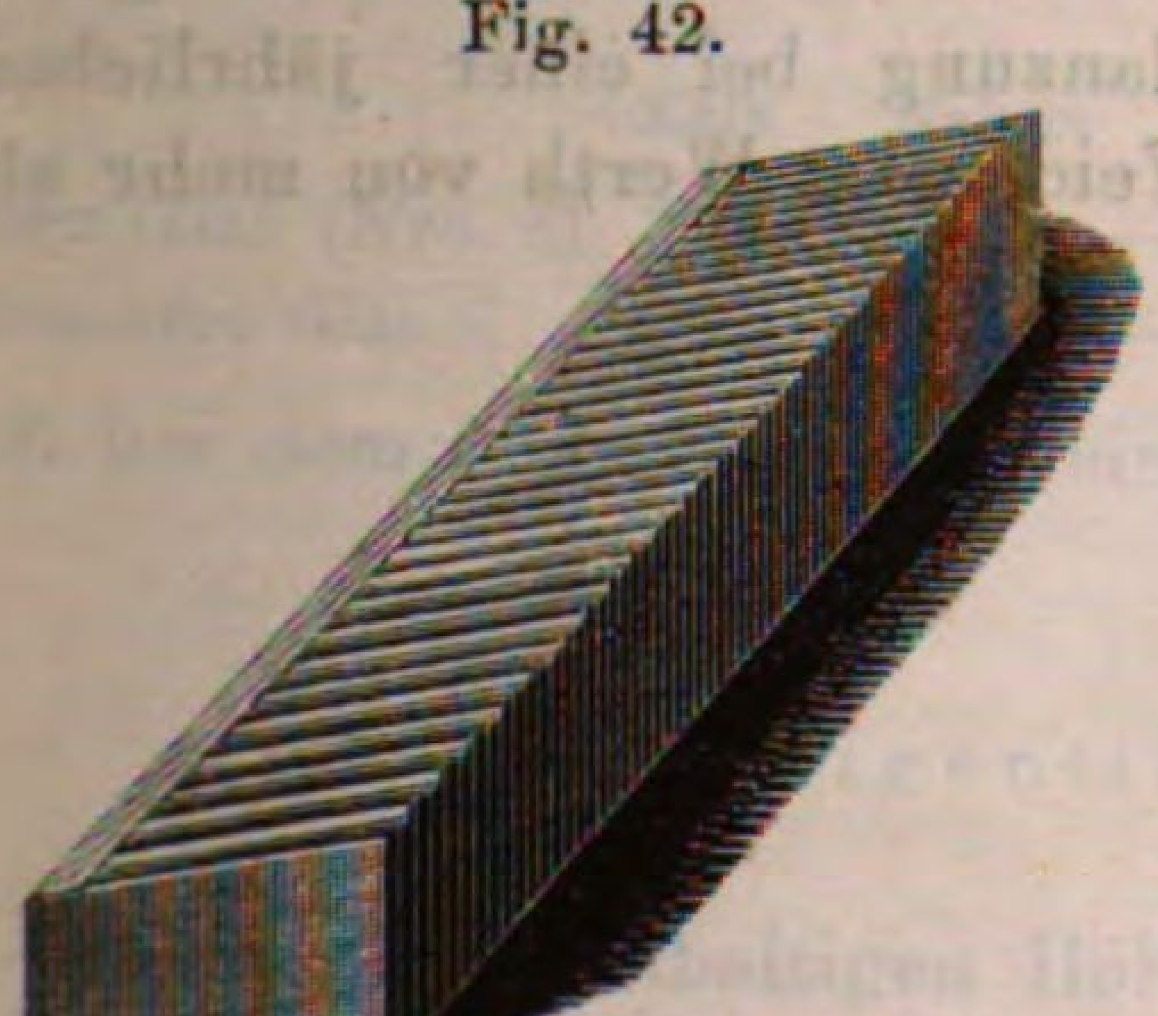


Glanz und durch die Formnähte verunziert. Auch eckige Flaschen, sowie solche mit gepressten Aufschriften werden am besten so gemacht.

Gerippte Hälse, wie sie an Rheinweinflaschen zuweilen vorkommen, erzielt man durch Rollen des Halses auf dem „*Rippstein*", Fig. 42. Gerippte Flaschen.

Das Ausarbeiten des Flaschenglases muss rasch und bei hoher Temperatur erfolgen, wegen der Neigung zum Entglasen. Arbeitseintheilung. Mit aus diesem Grunde trifft man bei Flaschenglasöfen öfter die Einrichtung, dass mehr Arbeitsplätze als Häfen, z. B. 10 der ersteren auf 8 der letzteren, vorhanden sind, also der eine oder der andere Hafen zweien Arbeitern gemeinschaftlich ist. Um auf der andern Seite die Arbeiter zu schonen, arbeitet man mit einem überzähligen, so dass während der zehnstündigen Arbeitszeit jeder reihum zweimal zur Ruhe kommt. Ein Ofen mit der Seite 88 angegebenen Beschickung für 8 Häfen erzeugt 6000 Flaschen in 24 Stunden.

Fig. 42.



Kühlen. Die Temperatur des Kühlofens ist mit 200° bis 300° genügend, jedenfalls, wie dies in der Natur des Kühlofens liegt, viel niedriger als die Temperatur, bei der das Glas erweicht. Es hat daher keinen Anstand, die Flaschen aufeinander zu stapeln, bis der Ofen ganz damit gefüllt ist. Je längere Zeit der gefüllte und geschlossene Kühlofen braucht, um abzukühlen, je besser der Erfolg; der Ofen kühlt aber um so langsamer, je grösser er ist und je mehr Waare er fasst. Die Abkühlung soll nicht unter 12 bis 14 Stunden betragen, wonach der Umfang des Ofens zu bemessen. Bei Flaschen, die beim Gebrauch Druck auszuhalten haben, wie die zu Schaumweinen, die ohnehin stärker und schwerer geblasen werden, ist gute Kühlung das Wesentlichste. Wenn man bedenkt, dass der von innen wirkende Druck bestrebt ist, die Wand der Flasche nach aussen zu biegen, so begreift man die Gefahr eines spröden Glases. Sonstige Fehler im Glas, Blasen, besonders Körner am Bauche, sind stets eine Schwächung und können nicht minder verderblich werden. Schaumweinflaschen pflegen vor der Anwendung geprüft zu werden und halten bei der Probe ohne Anstand einen Druck von 20 und von 25 Atmosphären aus; demungeachtet ist der Bruch in der Schaumweinfabrikation immer noch sehr auffallend, obwohl der Druck dabei 10 bis 12 Atmosphären nicht übersteigt. Es scheint sonach nicht gleichgültig, ob der Druck vorübergehend oder auf die Dauer wirkt.

Glasballons. In das Bereich der Flaschenglasfabrikation gehören neben den gewöhnlichen Flaschen des täglichen Gebrauchs noch mancherlei andere, so z. B. die unter dem Namen „*Ballons*“ bekannten grossen kugelförmigen Glasgefässe in Weidenkörben zum Versenden von Säuren und dergleichen. Bei dem üblichen Gehalt von etwa 30 Liter werden sie wie gewöhnlich durch Einblasen von Luft, grösser auch wohl durch Einlaufenlassen von etwas Wasser, oder mit dem Blasebalg, aber frei und ohne Form geblasen, meist mit einem flach eingedrückten Boden zum Stehen. Nach dem Umlegen des Fadens um das Mundstück und dem Abschneiden von der Pfeife, begnügt man sich, die Kanten des schneidenden Randes etwas mit der Feile zu brechen. In der Regel pflegt die Hütte den zum Schutz des Ballons erforderlichen Weidenkorb mit zu liefern; es giebt Hütten mit über 40 Hectaren Weidenpflanzung bei einer jährlichen Erzeugung von 1800 Centner geschälter Weiden im Werth von mehr als 6000 Thaler.

Der chemische Bestand des Flaschenglases ist aus nachstehenden Analysen neuern Datums ersichtlich. Chemischer Bestand.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
	Maumené	Schüler						Warington
Kieselerde . .	58,4	62,21	61,35	64,75	66,04	65,57	63,34	59,00
Kali	1,8	1,91	2,01	2,39	2,82	2,72	2,01	1,70
Natron . . .	9,9	5,69	2,80	3,66	2,83	4,86	4,17	10,00
Kalk	18,6	22,93	24,66	25,76	22,88	20,42	21,34	19,90
Thonerde . .	2,1	1,16	3,67	0,63	2,65	3,34	4,72	1,20
Eisenoxyd . .	8,9	6,10	5.51	2,81	2,78	2,81	4,42	7,00
	99,7	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	98,80

Nro. 1, ausgezeichnete Champagnerflaschen, specifisches Gewicht = 2,684. — Nro. 2 Flaschenglas von Trelon; Nro. 3 Flaschenglas von Follembray; Nro. 4 von Vaurrot; Nro. 5 von Montplaisir; Nro. 6 von Bechlbach; Nro. 7 von Sulzbach, dazu 0,28 Manganoxyd; Nro. 8 englisches Flaschenglas mit 0,50 Bittererde.

Auffallend und dem Flaschenglase eigenthümlich ist der beträchtliche Gehalt an Thonerde und Eisenoxyd. Ebenso die Abwesenheit oder der verschwindende Gehalt an Bittererde. Maumené will diesen für wesentlich halten, indem er im Glas von schlechten Flaschen (im Gegensatz zu Nro. 1) von 2,4 bis 3,6 Bittererde fand, was ebensogut zufällig sein kann. Viel bestimmter tritt der Grund einer mangelhaften Beschaffenheit eines Flaschenglases, welches von Wein angefressen wurde (Seite 19), bei einer Beobachtung von Warington im Gegensatz zu Nro. 8 hervor. Es kommen nemlich auf 100 Gewichtstheile Kieselerde bei dem

	Kalk		Natron		Kali		Eisen-oxyd		Thon-erde		Bitter-erde		
guten Glas (Nro. 8)	33,7	—	16,9	—	2,9	—	11,9	—	2,0	—	0,8	=	68,2 Gewthle.
schlechten Glas . .	50,5	—	14,8	—	4,1	—	20,4	—	8,4	—	4,1	=	102,3 „

also bei dem schlechten Glas ein bedeutendes Uebermass an Basen.

Eigentliches Hohlglas.

Von dem bleihaltigen Hohlglas (dem Bleikrystall) des Glashüttenbetriebes mit Steinkohlenfeuerung wird weiter unten in einem besondern Abschnitt gehandelt. Soweit die Holzfeuerung massgebend ist, namentlich in Deutschland, Oestreich, Böhmen, Russland, ist das Hohlglas ein Begriff.

Begriff. bleifreies Kalkglas, welches nach dem Grade der Farbenreinheit in verschiedenen Gattungen auftritt: dem halbweissen, ordinärweissen, ganz weissen Hohlglas und dem böhmischen Krystall. Vom Flaschenglas ist bereits erwähnt, dass es nur das ordinärste Hohlglas ist; ebenso ist das Tafelglas von den mittleren und das Spiegelglas von den besseren Gattungen des Hohlglases nicht wesentlich verschieden. Alle drei haben sich nur auf Grund der Arbeitstheilung als besondere Betriebe vom Hohlglas abgelöst. Die Gattungen des letzteren unterscheiden sich in der Härte und Strengflüssigkeit. Beide Eigenschaften, sowie die Farblosigkeit, sind hoch in dem böhmischen Krystall, der in den Oefen mit Steinkohlenfeuer und geschlossenen Häfen nicht mehr geschmolzen werden kann; Strengflüssigkeit gipfelt in den bekannten Verbrennungsröhren der Chemiker, die erst in den höheren Lagen der Rothglühhitze erweichen dürfen.

Satz. Die Rohstoffe zu Hohlglas sind: gelber Sand für die geringeren, weisser Sand für die mittleren und reinster Quarz für die feinsten Sorten; eisenfreier Kalk und Kreide; dann die Alkalien. Für geringeres Hohlglas Glaubersalz, kochsalzhaltige Soda, für die mittleren gewöhnliche Soda. Ganz weisses Hohlglas, namentlich böhmischer Krystall, können nur mit Kali geschmolzen werden, also mit gereinigter und ungereinigter Potasche. Zu diesen gewöhnlichen Rohstoffen kommen, als ausnahmsweise benutzt, Abraumsalz von Stassfurt, Borax; endlich die bekannten Entfärbungsmittel, Arsenik, Salpeter, Braunstein. Als Beispiele von Sätzen zu Hohlglas mögen folgende dienen:

1. Halbweiss.		2. Ordinär-weiss.		3. Weisses Hohlglas.	
Gelber Sand . .	100	Weisser Sand . .	100	Sand . . .	100
Aescher	46	Kreide, trockne .	17	Kalkstein .	22
Abraumsalz . . .	10	Soda (50procent.)	25	Glaubersalz	40
Soda	13	Braunstein . . .	$\frac{1}{12}$	Kohle . . .	3
	169 Gwth.		$142\frac{1}{12}$ Gwth.		165 Gwth.

4. Weisses Hohlglas.		5. Weisses Hohlglas.	
Sand	100	Sand	100
Gebrannter Kalk . . .	$15\frac{1}{3}$	Kreide	22
Soda	$33\frac{1}{3}$	Potasche	50
	$148\frac{2}{3}$ Gwth.	Salpeter	$1\frac{1}{2}$
		Braunstein	$1\frac{1}{2}$
		Arsenik	$\frac{1}{4}$
			$175\frac{1}{4}$ Gwth.

wozu noch Glasbrocken in entsprechender Menge, etwa ebensoviel als Sand, hinzukommen. — Nro. 1 und 2 nach Schür; Nro. 3 nach Jähkel; Nro. 4 nach Schintz; Nro. 5 nach Stein.

Satz.

	Böhmischer Krystall			
	1.	2.	3.	4.
Quarz	100	100	100	100
Kalk, gebrannt	12	—	—	—
Kalk, gelöscht	—	15	20	15
Potasche	—	50	60	—
Potasche, gereinigt	28	—	—	34
Salpeter	—	—	1	—
Arsenik	—	$\frac{1}{3}$	—	—
Braunstein	—	—	—	$\frac{1}{4}$
	140	$165\frac{1}{3}$	181	$149\frac{1}{4}$

Nro. 1 nach Peligot; Nro. 2 bis 4 nach Stein.

Bei dem Hohlglas sind die Entfärbungsmittel des Glases vorzugsweise im Schwang. Der Braunstein für das durch Eisengehalt grüne Glas färbt die untersten Schichten in den Häfen leicht violett, woher die violetten Streifen und Wolken, die man oft in Trinkgläsern, Flaschen und deren Böden wahrnimmt. Gegen die bräunlich-gelbe Färbung dient der Salpeter, in vielen Glashütten auch etwas Kobaltoxyd. Bei der ausserordentlichen Färbekraft dieses Oxydes sind nur sehr kleine Mengen desselben — Bruchtheile eines Lothes auf eine Beschickung — zulässig, deren Abwiegen und Vertheilen in den Satz unbequem und unsicher ist. Es ist daher üblich, das Kobaltoxyd mit den gewöhnlichen Bestandtheilen des Satzes zu verdünnen, z. B. mit Kalk, und noch andere Entfärbungsmittel zuzufügen, wie Braunstein, Nickel, Antimon, zu einem eben nicht rationellen Gemische *).

Oefen.

Was die Hohlglasöfen anbelangt, so sind diese, wie Eingangs erwähnt, für bleifreies Glas gewöhnlich mit Holz betrieben. Man unterscheidet die sogenannten „deutschen Oefen" von den „französischen Oefen". Jene, die deutschen, sind kleiner von Umfang, beiläufig so lang als breit, mit einem runden, kugeligen Gewölbe geschlossen. Die französischen sind grösser, länger als breit, mit einem an beiden Enden abgerundeten Gewölbe in Form einer Schildkrötenschale geschlossen. Die französischen Oefen werden mit kurzem Holz nach der Seite 44 beschriebenen Art geschürt; eine Abbildung wird bei dem Tafelglas vorkommen. Die deutschen Oefen (Fig. 44 und 45 a. f. S.) werden mit langem Scheitholz, aber in abweichender Art geschürt. Das Holz befindet sich nicht in der Schüröffnung steckend in der Schwebelage, sondern liegt auf einer Art von Rost aus Thonbalken *r*, *r* mit sehr weiten Zwischenräumen. Die Scheite werden durch die Schürlöcher *f* eingeschoben und zwar durch das eine Schürloch dickere, durch das gegenüberstehende feiner gespaltene Scheite. In dem Aschenfall *a* brennt die herabfallende Kohlenglut, *B* sind die Bänke. Beide, Schürlöcher und Aschenfall, sind durch angelehnte Thonkuchen mit Ausschnitten theilweise geschlossen. Gewöhnlich mündet eine seitliche

Der deutsche Ofen.

*) Dasselbe ist unter dem abscheulichen Namen Compositionscouleur bekannt.

Oeffnung von etwa 3 Zoll im Quadrat in die Tonne für die Zufuhr eines besondern Luftstroms. Das Herdglas wird nicht nach unten abgelassen,

Fig. 43.

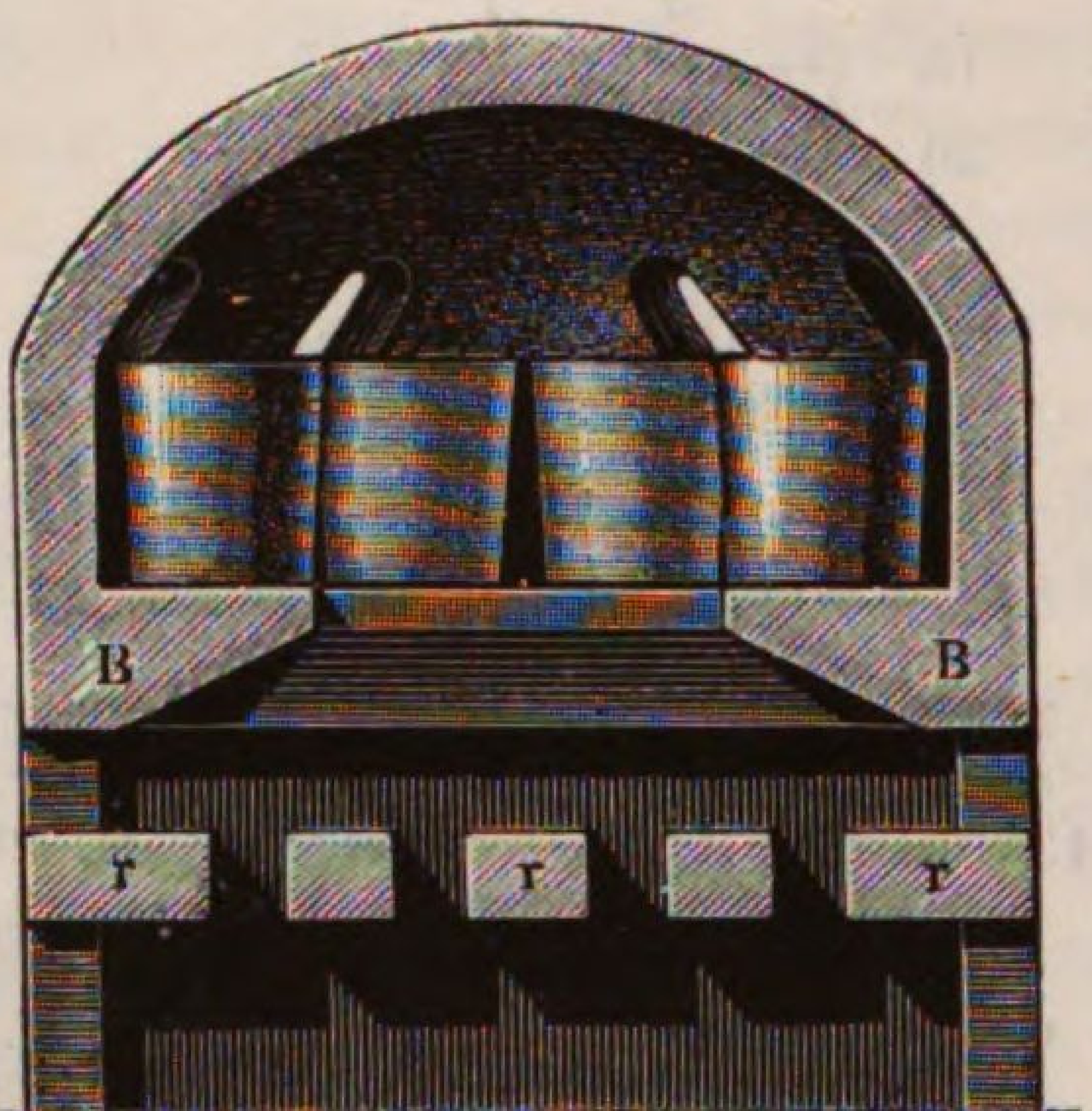
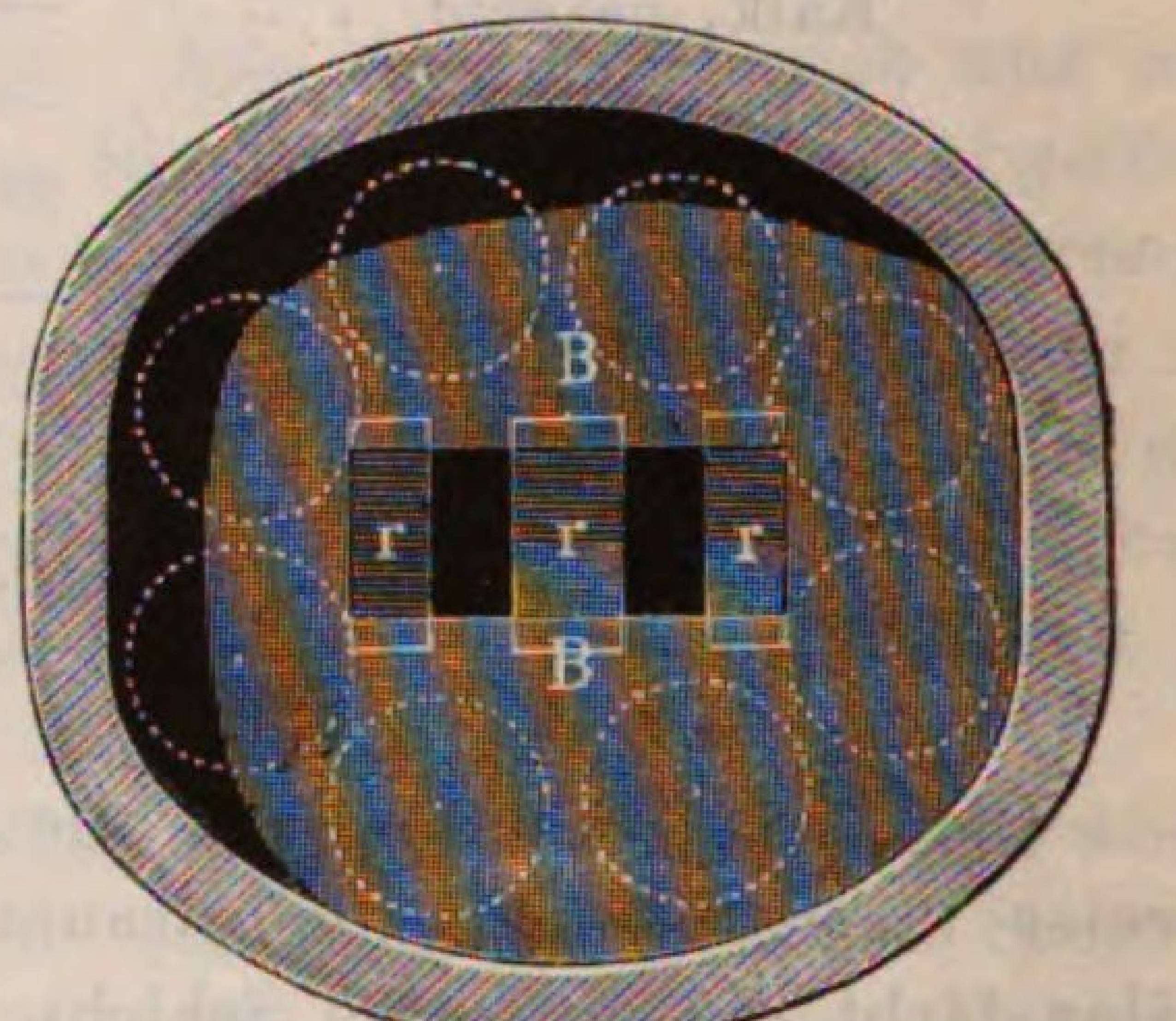


Fig. 44.



sondern von der Schüre aus mit Löffeln ausgeschöpft. — Der Vortheil, der nur für kleine Dimensionen zulässigen Bauart der deutschen Oefen, besteht in sehr gleichmässigem Zurückschlagen der Flamme von dem Gewölbe auf die Häfen.

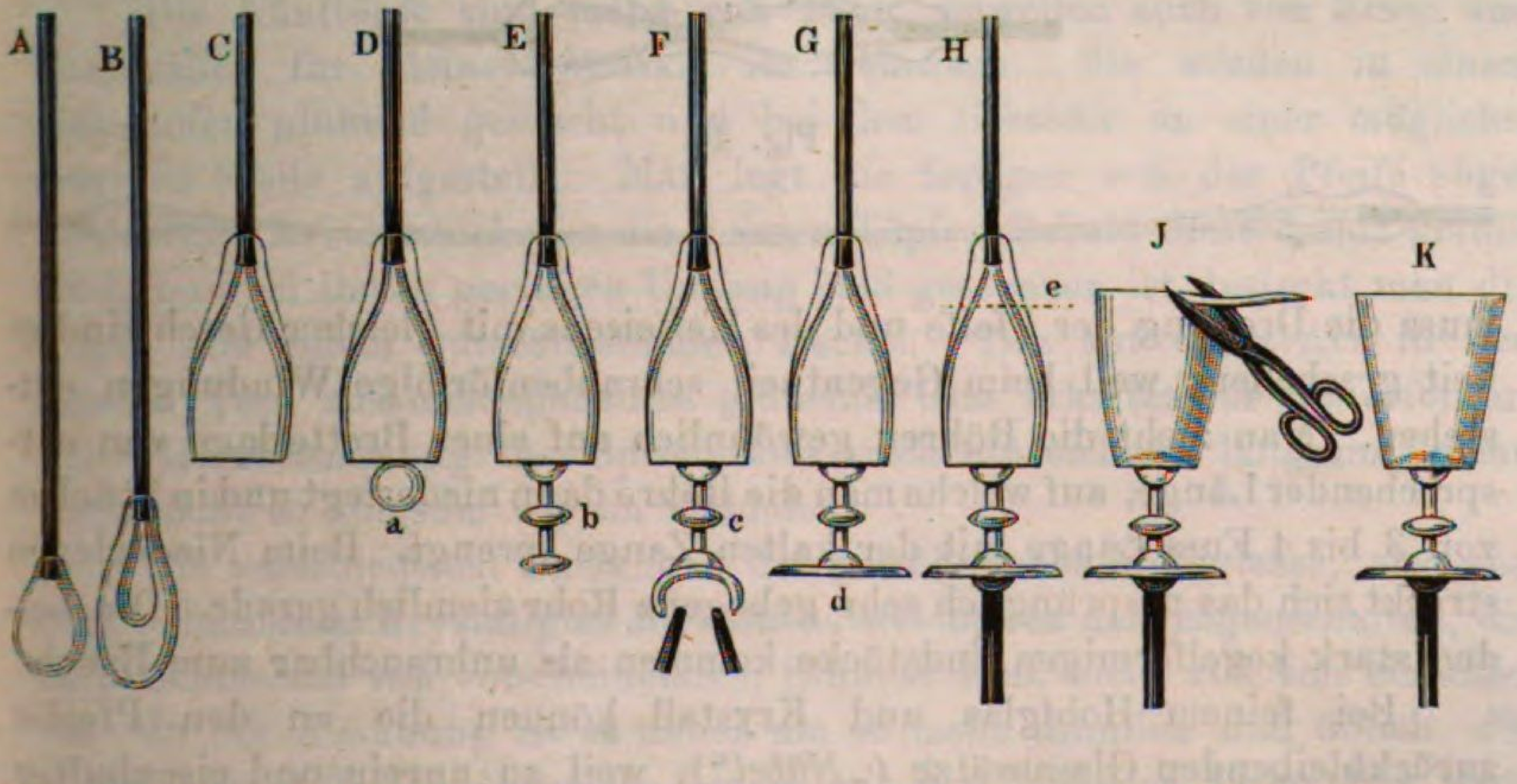
chmelzen. In Bezug auf das Einschmelzen ist zu dem im Allgemeinen (S. 62) vorgetragenen nur weniges hinzuzufügen. Wenn der Satz in die Häfen eingetragen und diese mit geschmolzenem Glas angefüllt sind, ist in der Regel ein Handgriff zur Erzielung gleichmässiger Beschaffenheit des Glases nothwendig. Er besteht in dem Einblasen von Luft oder in der Entwicklung von Wasserdampf; das eine wie das andere bewirkt eine lebhafte Bewegung unter Aufsteigen und Mischen der verschiedenen Schichten des Glases. Zum Einblasen der Luft dient ein Blasrohr, ähnlich wie eine Pfeife, aber mit weiterer Oeffnung, die man auf dem Boden des Hafens einführt und unter heftigem Einblasen von Luft, mit einer rührenden Bewegung hin und her, durch das Glas nach oben zurückzieht. Statt dessen bedient man sich auch einer auf ein zugespitztes unten etwas aufgebogenes Rundeisen gespiessten Kartoffel oder eines Stückes nassen Holzes zur reichlichen Entwicklung von Wasserdampf. Dabei ist einige Vorsicht nöthig, wenn Glasgalle auf der Oberfläche schwimmt, die in Berührung mit jenen nassen Körpern unter einem starken Knall umhergeschleudert wird. Ist die Glasmasse durch dieses *„Blasen“* oder *„Blättern“*, wie man es nennt, unter Steigen und polterndem Geräusch bearbeitet und gleichförmig gemischt, so stellt man die Arbeitsöffnung zu und fährt bei starkem Feuer mit der Läuterung fort. Gewöhnlich steigt das Glas mit der Einwirkung des zunehmenden Hitzgrades abermals von selbst, wahrscheinlich in Folge von Gasentwicklung durch Zerstörung der anfangs zurückbleibenden kohligen Theile. Bei dem ganz weissen Glase vermeidet man das Blättern des Glases womöglich ganz, weil die Farbe

durch Einmengung der unteren Schichten zuviel leidet; nur wenn es zu rampig oder schlierig auszufallen droht, bleibt keine Wahl. Ausarbeiten.

Wie das Schmelzen, so unterliegt auch das Ausarbeiten den bereits erörterten allgemeinen Regeln. Bei dem Betriebe mit Steinkohlen, wo es auf Raumersparniss in dem Hauptofen, aber auch überhaupt auf rasches Fördern der Arbeit ankommt, bedient man sich zum Anwärmen besonderer „*Auftreibeöfen*“ von etwa 3 Fuss im Geviert bei 4 Fuss Höhe, mit einem Kamin. Auf einem Rost in der Mitte wird ein Feuer reiner Flamme von Koke oder Holz unterhalten. Diese Flamme ist für den Arbeiter von zwei Arbeitsöffnungen aus zugänglich. — Einige Beispiele der Formung mögen zur Ergänzung desjenigen dienen, was oben in Bezug auf das Blasen der Flaschen vorgekommen.

Die Figur 45 *A* bis *K* giebt ein Bild der Herstellung eines Stengelglases. Ein solches besteht aus drei verschiedenen Stücken, dem Kelch, dem Stengel und dem flachen Fusse, die nach einander angefertigt und zusammengefügt werden. Nachdem durch Aufnehmen von der erforderlichen Menge Glas auf dem Wallholz ein Kölbchen (*A*) gebildet und etwas aufgeblasen ist (*B*), geht es nach dem Aufwärmen durch völliges Aufblasen und Schwingen in die Gestalt (*C*) über, mit einem durch Aufsetzen des untern Theils auf eine Platte abgeflachten Boden. An diesen wieder glühend gemachten Boden klebt man nun einen abgerundeten Glasklumpen *a* (Fig. *D*), dem man durch Drehen auf dem Stuhl und Bearbeiten mit der Federzange die Stengelform *b* (Fig. *E*) giebt. Inzwischen ist an einer andern Pfeife eine kleine Glaskugel für Blasen und Formen. Stengelglas.

Fig. 45.



den künftigen Fuss geblasen, die man an die unterste Ausbreitung des Stengels ansetzt, von ihrer Pfeife mit der Scheere abschneidet, so dass sie nach unten offen wird und von dieser Oeffnung aus mit der Federzange ausweitet *c* (Fig. *F*) und durch Drehen abflacht (*d* der folgenden Figur *G*). Dem Arbeitsstück fehlt alsdann zur Vollendung der Form nur

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Blasen und Formen. noch die Bearbeitung des Kelches zu einem offenen Hohlkegel. Zu dem Ende setzt man in der Mitte des Fusses das Hefteisen an und sprengt die Pfeife bei *e* von dem künftigen Kelche (Fig. *H*). Ist der so geöffnete Kelch wieder aufgewärmt, so beschneidet man den Rand (Fig. *J*) mit der Scheere und treibt ihn bis zur fertigen Gestalt mit geraden Wänden (Fig. *K*) auf, worauf man das Stück nach dem Kühlofen bringt und das Hefteisen ablöst.

Röhren. Glasröhren erzeugt man durch Ausziehen einer Glaskugel, deren Wandstärke derjenigen der künftigen Röhre entsprechend geblasen wird. An eine solche Glaskugel befestigt man, der Pfeife gegenüber, ein Hefteisen mit einem kleinen Glasklumpen (Fig. 46). Indem sich nun der Arbeiter an der Pfeife von dem Gehilfen am Hefteisen raschen Schrittes entfernt, spinnt sich die Kugel nach und nach zu einer 30 bis 40 Fuss langen Röhre aus (Fig. 47 u. 48). Um Röhren von regelmässiger Gestalt zu erhalten, sind dabei gewisse Bedingungen einzuhalten, ohne die die Arbeit misslingen würde: während des Ausspinnens muss beständig Luft in die Pfeife eingeblasen werden, damit das Rohr nicht zusammenfällt oder sich abflacht; zugleich muss das Arbeitsstück in stetiger Drehung bleiben, weil das Glas sonst, von unten erkaltend, sich nicht regelmässig ausspinnt; endlich

Fig. 46.



Fig. 47.

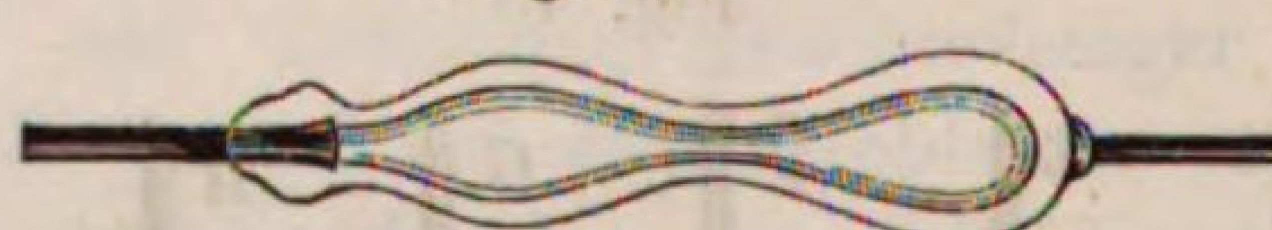
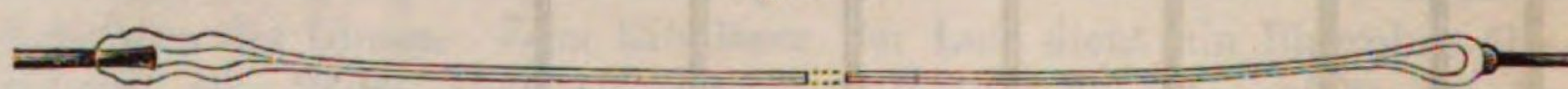


Fig. 48.



muss die Drehung der Pfeife und des Hefteisens mit gleicher Geschwindigkeit geschehen, weil beim Gegentheil schraubenförmige Windungen entstehen. Man zieht die Röhren gewöhnlich auf einer Bretterlage von entsprechender Länge, auf welche man die Röhre dann niederlegt und in Stücken von 3 bis 4 Fuss Länge mit der kalten Zange sprengt. Beim Niederlegen streckt sich das ursprünglich sehr gebogene Rohr ziemlich gerade. Die beiden stark kegelförmigen Endstücke kommen als unbrauchbar zum Bruch.

Die Näbel. Bei feinem Hohlglas und Krystall können die an den Pfeifen zurückbleibenden Glasansätze („*Näbel*"), weil zu unrein und eisenhaltig, nicht mehr für dasselbe Glas, sondern nur für geringere Gattungen als Brocken verwendet werden: bei diesen letzteren Gattungen Glas fällt natürlich diese Vorsicht weg. Die Näbel sind zugleich ein ziemlich starker Bruchtheil des erzeugten Glases. Ein grosser Hafen, in den man 622 Pfund Satz und Brocken eingelegt hatte, ergab z. B. beim Aus-

arbeiten 488 Pfund halbe Quartflaschen und 102 Pfund Näbel (bei 32 Pfund Schmelzverlust). Da diese wieder umgeschmolzen werden müssen, oft nur als geringwerthiges Rohglas wieder verwendbar sind, so verursachen sie eine sehr merkliche Erhöhung der Gestehungskosten des nutzbaren Glases. Blasen und Formen.

Die Näbel an den Gegenständen aus weissem Hohlglas, d. h. die rauhen und schneidenden Ansatzstellen von den Hefteisen, sind bei den feineren Waaren nicht zulässig und müssen durch Schleifen oft auch noch durch Poliren nachträglich weggeschafft werden. Um diese kostspielige Nacharbeit für wohlfeilere Waaren zu umgehen, sind die sogenannten „*Sandnäbel*" in Aufnahme gekommen. Vor dem Befestigen des Arbeitsstücks an das Hefteisen drückt man das an seinem Ende befindliche Glas zuerst auf eine mit Sand dünn bestreute Platte und sofort an das Arbeitsstück an. Es haftet so, für die Arbeit noch fest, aber auch lose genug vermöge der Zwischenlage von Sand, um beim Abschlagen keinen Bruch, sondern nur eine etwas narbige Ansatzstelle mit einigen Sandkörnern zu hinterlassen, die sich leicht wegschaffen lassen. Sandnäbel.

Die Formung des bleifreien Krystalls fällt mit der des bleihaltigen zusammen, wovon weiter unten die Rede sein wird.

Was das Kühlen des Hohlglases anbelangt, so dienen dazu neben den bereits zu Eingang erwähnten Kühlöfen auch sogenannte „*Kühltöpfe*". Die Kühlöfen haben für Hohlglas die gewöhnliche Einrichtung. Für sie ist zu beachten, dass sie auf eine der Natur des verarbeiteten Glases angepasste Temperatur vorgewärmt sein müssen; für Krystall z. B. viel heisser als für leicht-flüssige Gattungen. Das Kühlen.

Die Kühltöpfe sind meist von Thon, zuweilen auch von Eisen und namentlich für kleinere Artikel im Gebrauch. Sie werden in einem Nebenofen glühend gemacht und bei dem Glasofen an einer möglichst warmen Stelle aufgestellt. Man legt die fertigen von der Pfeife abgenommenen Arbeitsstücke in die heissen Töpfe. Sobald diese damit gefüllt sind, was bei ihrem geringen Umfang bald geschehen ist, bedeckt man die Töpfe mit einem gutschliessenden Deckel. Das auf diese Art in den heissen Topf zusammengehäufte glühende Glas erkaltet für die erforderliche Herabstimmung der Sprödigkeit nach hinreichend langsam, wenn auch nicht so langsam wie im Kühlofen.

Die verschiedenen Gattungen des gewöhnlichen Hohlglases, also von dem böhmischen Krystallglas abgesehen, weichen in den Eigenschaften, die beim Schmelzen von entscheidendem Einfluss sind, nicht viel von einander ab. In der Ausübung ist es daher um so mehr thunlich und üblich, die verschiedenen Häfen desselben Feuers mit verschiedenen Arten Glas, ganz weissem, halbweissem u. s. w. zu belegen, als der Markt dergleichen oft sehr gebieterisch verlangt und die erforderliche Uebereinstimmung im Fluss ja ohne Schwierigkeit durch Abänderung der Sätze hergestellt werden kann. Nur ist nicht zu übersehen, dass verschiedene Glasarten in demselben Hafen nicht willkürlich auf einander folgen können, insoweit Tafelglassorten.

das geringere Glas (z. B. grünes Medicinglas) das feinere (ganz weisses) in der Farbe verdirbt. Unter Umständen genügt es, den Hafen gänzlich auszuschöpfen; unter Umständen ist auch das, was alsdann noch unvermeidlich an den Wänden und dem Boden haften bleibt, genug, um die folgende Einlage zu verderben. Ebenso wie verschiedene Arten von Hohlglas neben einander, schmilzt man auch neben dem klaren Hohlglas getrübte (Milchglas) und gefärbte Gläser derselben Art, wovon in einem besondern Abschnitt die Rede sein wird.

Rohstoff u. Arbeitslohn.

Durch die Formgebung und die damit zusammenhängenden Arbeiten (Herstellung der Formen, Transport in der Hütte u. s. w.) erfährt das Glas eine bedeutende Erhöhung seines Werthes, wie aus nachstehenden (von Schür berechneten) Beispielen für den Arbeitslohn der Glasbläser, abgesehen von übrigen Kosten, näher ersichtlich:

	Medicinglas		Liqueur-gläser	Rheinwein-flaschen	Medoc-flaschen
	halbweiss	weiss			
Werth des Rohglases: . .	28,3	40,0	6,5	63,0	70
Arbeitslohn der Bläser: .	14,5	18,7	8,0	22,5	20
	42,8	58,7	14,5	85,5	90 Sgr.
Oertlichkeit und Art des Brennstoffs:	Schlesien bei Holzfeuerung		Stettin bei Steinkohlenfeuer	Westpreussen bei Holzfeuer	Schlesien bei Torf.

Wie man aus diesen Zahlen ersieht, die sich jedesmal auf eine bestimmte aber für die verschiedenen Gattungen wechselnde Stückzahl beziehen, kann der mit der Formgebung zusammenhängende Werth der Arbeit den des Rohglases übersteigen, während er sonst sich auf die Hälfte und ein Drittel beläuft. Natürlich sind diese Verhältnisse gänzlich von der Oertlichkeit und den daselbst herrschenden Arbeits- und Brennstoffpreisen u. s. w. abhängig. Weitergehende Verarbeitung durch Schleifen, Bemalen, Vergolden haben selbstverständlich weitere Wertherhöhungen zur Folge.

Chemischer Bestand.

Der chemische Bestand des Hohlglases bietet mehr Uebereinstimmung als bei dem gemeinen Flaschenglas der Fall war. Das meiste weitaus ist Natronglas; Kaliglas tritt nur auf, wo die Potasche besonders billig ist, wie in den russischen Hütten, oder soweit ein besonderer Nachdruck auf der Farbenreinheit liegt. Von den zahlreich vorhandenen Analysen haben die nachstehenden, als die neuesten, folglich der gegenwärtigen Fabrikation entsprechenden, Anspruch auf Interesse.

Chemischer Bestand

Halbweisses Hohlglas. Benrath.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
Specif. Gewicht	—	2,477	2,452	2,519	2.520	2,511
Kieselerde . .	72,07	74,00	73,90	69,99	66,49	63,48
Kali	—	—	12,65	—	—	2,98
Natron . . .	18,43	17,44	6,90	17,96	16,09	19,51
Kalk	8,96	7,35	5,65	9,90	10,96	8,61
Bittererde . .	—	—	—	—	1,40	0,69
Thonerde . .	} 0,54	0,20	} 0,90	1,11	1,02	3,89
Eisenoxyd . .		0 21		0,39	2,49	0,39
Manganoxyd .	—	0,80		0,65	1,55	0,45
	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nro. 1. Rheinisches Medicinglas. Die folgenden sämmtlich russisches Glas und zwar: Nro. 2. Trichter, Nikolsky'sche Hütte bei Gatschina; Nro. 3. Bierglas aus einer Malzow'schen Hütte; Nro. 4. Ordinaires Bierglas von Nostjön; Nro. 5. Medicinglas von Lelle bei Pernau; Nro. 6. Ebenso, von Fennern bei Pernau.

Weisses Hohlglas.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
	Pelouze.	Gras	Benrath.					
Specif. Gew.	—	—	2,475	2,488	2,478	2,399	2,485	2,461
Kieselerde .	72,14	71,6	74,71	74,66	75,94	74,37	74,26	72,62
Kali . . .	—	11,0	—	4,32	—	12,48	—	11,81
Natron . .	12,40	—	15,74	11,01	15,15	3,42	14,06	5,19
Kalk . . .	15,50	12,3	8,77	9,13	8,01	9,02	8,60	8,22
Thonerde .	} Spur	} 6,5	0,43	} 0.88	0,90	0,71	2,52	1,59
Eisenoxyd .			0,14				0,38	0,21
Manganoxyd	—		0,21				0,18	0,36
	100,04	101,4	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Nro. 1. Französisch. Nro. 2. Böhmischer Becher. Die folgenden sämmtlich russisch und zwar: Nro. 3. und 4. Becher von Rüting & Comp., Petersburg; Nro. 5. Goldfischglocke von Sinowjef, Petersburg; Nro. 6. Weinglas von Nostjön bei Tawastehus; Nro. 7. Flasche von Altenwoga, Lievland; Nro. 8. Pressglas von Malzow.

Chemischer Bestand und Strengflüssigkeit.

Der unvergleichliche böhmische Krystall, an Farblosigkeit und Härte das edelste Glas, ist stets und ausschliesslich Kaliglas. Peligot fand in einer Probe davon in runden Zahlen für 100 Gewichtstheile: 76 Gewichtstheile Kieselerde, 15 Gwthle. Kali, 8 Gwthle. Kalk und 1 Gwthl. Thonerde. Man sieht, die grosse Farblosigkeit beruht nicht bloss in der ausschliesslichen Anwendung von Kali, sondern auch in der geringen Menge der Flussmittel überhaupt. Auf 100 Theile Kieselerde kommen im Krystall nach Peligot 31 Gwthle. Flussmittel, im Hohlglas 50 bis 40, selten weniger. Diesem hohen Kieselerdegehalt verdankt der böhmische Krystall auch noch eine andere hervorragende Eigenschaft, die chemische Beständigkeit. Da, wo diese wesentlich in Frage kommt, bei chemischen Geräthen, ist der Krystall zu kostspielig und die hohe Farblosigkeit eine nutzlose Vertheuerung. Stas hat darauf hingewiesen, dass Gemenge von Kali und Natron unter gleichen Voraussetzungen stets leichtflüssigere Gläser liefern, als eine gleiche Anzahl Atome dieser Alkalien einzeln genommen, dass man also auf diesem Wege eben so kieselerdereiche, aber weniger strengflüssige Gläser erzeugen kann, als der böhmische Krystall. Er erhielt bei der Analyse zweier Proben aus nach diesem Grundsatz zusammengesetzten Glases in 100 Gewichtstheilen:

Kieselerde		Kali		Natron		Kalk
76,4	—	7,1	—	5,9	—	10,6
77,3	—	6,2	—	6,5	—	10,0

Das Glas war hinreichend leichtflüssig und billig in der Herstellung, sehr hart, völlig säurefest, aber von einem gelblichen Farbenton.

Tafelglas.

Geschichte.

Die Geschichte der Fenster aus Glas ist ein getreuer Spiegel der Geschichte des Glases überhaupt. Zwar finden sich in den allerältesten Zeiten bei den Phöniziern und Aegyptern noch keine Spuren dieser Anwendung des Glases, dagegen ist die Kenntniss desselben im classischen Alterthum durch die Ausgrabungen von Pompeji auf das bestimmteste erwiesen. Man hat daselbst nicht nur Bruchstücke von Tafelglas, sondern auch die bronzenen Rahmen zur Fassung sammt der Art der Befestigung darin aufgefunden. Die ausnehmende Spärlichkeit dieser Ueberbleibsel auch an anderen Fundorten, sowie der fast gänzliche Mangel unzweifelhafter Erwähnung von Glasfenstern bei den alten Schriftstellern*) beweist jedoch, gegenüber dem ungemeinen Vortheile, die jene bieten, dass diese Anwendung des Glases damals nur als Gegenstand vereinzelter Fälle eines kostspieligen Luxus dastand. Von dem Untergange Pompejis an fehlen durch mehrere Jahrhunderte hindurch Nachrichten über Glasfenster

*) Eine oft angeführte Stelle bei Seneca, enthält keine bestimmte Nachricht darüber ob Glas oder ein anderes Material gemeint ist.

gänzlich. Erst mit dem vierten Jahrhundert *) taucht sichere Kunde von Glasfenstern, zunächst als Ausstattung von Gebäuden des religiösen Cultus wieder auf. Dieser Gebrauch blieb geraume Zeit der einzige und ausschliessliche durch das Mittelalter hindurch, wo er die Grundlage abgab zu der hochentwickelten Kunst der Glasmalerei. Nur spät und sehr allmählich entwickelte sich aus der Verwendung des Glases in den Kirchen diejenige für profane Gebäude, die im Verein mit den Fortschritten des Glashüttenwesens überhaupt, das „*Tafelglas*" (wie es seitdem in der Kunstsprache genannt wird) zu einem der bedeutungsvollsten Culturmittel der Gegenwart, namentlich in den Ländern kälterer Himmelsstriche gemacht haben.

In dieser hervorragenden Bedeutung hat sich das Tafelglas auch früh von der Hohlglasfabrikation als ein besonderer Zweig abgelöst, eine Trennung, die heutzutage keine Ausnahme mehr kennt.

Herkömmliche Arten der Herstellung.

Die Aufgabe: zu dem Gebrauch für Fenster flache dünne Tafeln aus Glas von möglichst gleicher Stärke zu erzeugen, ist in verschiedenen Zeiten auf sehr verschiedene Art versucht und gelöst worden.

Die Structur und Beschaffenheit des pompejanischen Tafelglases legt deutliches Zeugniss davon ab, dass sie in keiner Weise geblasen, nur durch Flachdrücken von Glasklumpen im Gewicht von mehreren Kilogrammen auf eine ebene Platte entstanden. Dieser Weg, zeitraubend, kostspielig und plumpe unregelmässige Tafeln liefernd ohne Glanz und Klarheit, hat sich nicht fortgepflanzt.

Alle Glasscheiben, vom frühen Mittelalter bis Ende des 18. Jahrhunderts, sind wesentlich geblasene und in zwei Operationen erzeugt: Blasen eines Hohlkörpers von Glas und Flachlegen desselben. Die auf uns gekommenen ältesten Erzeugnisse dieser Fabrikation lassen schliessen, dass in den ersten Zeiten dieser Periode, sicher im XII. Jahrhundert, zweierlei Methoden der Erzeugung von Tafelglas neben einander bestanden, die bis auf die neueste Zeit in Uebung geblieben. Die eine Methode, die der bunten Tafeln der Kirchenfenster, besteht in der Herstellung einer Hohlwalze durch Blasen, die man dann der Länge nach aufschlitzte und zu einer viereckigen Tafel flach legte. Die andere Methode, die der ungefärbten Tafeln der Kirchenfenster, ging von einer geblasenen Hohlkugel aus, die ebenfalls, aber zu einer runden Tafel, abgeflacht wird.

Nach dem Uebergang der Glasfenster von dem Kirchen- in den profanen Gebrauch hat die Bedeutung beider Methoden mehrfach gewechselt. Lange Zeit war die zuletzt genannte die so gut wie ausschliesslich herrschende. Sie lieferte auf der ersten Stufe ihrer Entwicklung jene kleinen runden Scheiben von etwa 15 Centimeter Durchmesser, etwas wellig, mit Andeutungen von concentrischen Ringen, mit einer Ansatzstelle (Verdickung oder eine Art Nabel) in der Mitte, wie man sie in sehr zusammengesetzten Bleifassungen in alten Kirchen und öffentlichen Gebäuden als Alterthümer,

*) Bei den Kirchenschriftstellern Lactantius und Hieronymus.

Herkömmliche Art der Herstellung.

aber auch noch jetzt in den Bauernhäusern von Tyrol in Gebrauch findet, sogenannte „*Butzenscheiben*“ *). Das Bedürfniss nach ebeneren, klareren, namentlich aber grösseren, bequemer zu fassenden Tafeln entwickelte diese Methode allmählich zu dem, was man heutzutage „*Mondglas*“ nennt. Während die Butzenscheiben aus einer kleinen Glaskugel auf dieselbe Weise wie der Fuss eines Trinkglases (Seite 97, Fig. 45, *F*) durch Ausbreiten und Abflachen mit der Zange entstanden, wird das Mondglas durch Abflachen eines grossen Glasballons in freier Luft durch blosse Schwungkraft zu einer Scheibe von $^3/_4$ bis 1 Meter Durchmesser und darüber erhalten. Mit den Butzenscheiben hat auch das Mondglas Verdickung und Nabel in der Mitte gemein, aber die Grösse der Scheiben erlaubt daraus viereckige Tafeln von dem mehrfachen Flächeninhalt und tadelloser Beschaffenheit zu schneiden.

Mit dem Verfall der Glasmalerei sank das Bedürfniss an buntem Tafelglas und kam die Walzenglasmacherei in Abnahme **). Nur in Venedig blieb sie in Uebung, wahrscheinlich im Zusammenhang mit der dortigen Spiegelfabrikation. Von Venedig siedelte die Walzenglasfabrikation nach Böhmen über, entwickelte sich dort zu beträchtlicher Ausdehnung und Vollkommenheit, aber ohne sich von da vorerst weiter auszubreiten. Das dortige Tafelglas genoss vermöge der Dimensionen, in denen es der im übrigen Europa herrschenden Mondglasfabrikation weit überlegen war, grossen Ruf und Abnahme der Produkte im fernen Auslande. So blieb der Stand der europäischen Tafelglasfabrikation bis in das 17. Jahrhundert; von da ab beginnt die Verdrängung der Mondglas- durch die Walzenglasfabrikation zuerst in Frankreich und Deutschland, am spätesten in England, bis die erstere im Verlauf des gegenwärtigen Jahrhunderts so gut wie ganz erlischt ***).

Einige Zeit nach dem Aufkommen des Giessens von grossen Tafeln zu Spiegeln, fing man an auch solche, aber ohne Metallbeleg, zur Beglasung von Fenstern zu gebrauchen, erst geschliffene, dann rohe. Da beide Zweige, Herstellung der geblasenen und der gegossenen Tafeln, nicht eigentlich mit einander concurrirten, sondern verschiedene Bedürfnisse deckten, so bestanden sie ruhig neben einander und gaben sogar einem dritten Zweig die Entstehung, nemlich dem Giessen von Tafeln grösser als die geblasenen, aber kleiner und dünner als die gegossenen eigentlichen Spiegeltafeln.

Geblasenes Tafelglas.

Schon bei dem Hohlglase ist erwähnt, dass sich das Tafelglas nur in der Form, nicht in Mischung und Bestand wesentlich von jenem unter-

*) „Butzen“ in den süddeutschen Mundarten = etwas zusammengeballtes, eine Anschwellung, das Kernhaus im Obst u. s. w.

**) Der Mönch Theophilus in seinem Buch „de artium schaedula“ (X. bis XI. Jahrhundert) gedenkt noch ausschliesslich des Walzenglases.

***) Bis gegen 1840 war noch eine Mondglashütte bei Bamberg im Betrieb.

scheidet. Der massenhafte Verbrauch neben der eigenthümlichen Herstellung liessen es indessen zweckmässig erscheinen, die Tafelglasfabrikation als selbstständigen Zweig zu betreiben. Die Form von Tafeln und zwar sehr gleichmässigen dünnen Tafeln von wenigen Millimetern Stärke lässt selbst bei einer schon sehr hervortretenden Färbung das Glas noch annähernd farblos erscheinen. Ein Stück Tafelglas, durch die hohe Kante betrachtet, erscheint tief grün, flach angesehen verschwindet die Farbe. Das Tafelglas lässt daher einen geringern Grad von Farblosigkeit, mitunter auch einen entschiedenen Grad von Färbung noch zu. Eigentlich weisses Glas findet daher nur ausnahmsweise in Luxusgebäuden etwa, und bei besonderer Dicke der Scheiben Anwendung; doch zieht man heutzutage für diese Fälle Scheiben von gegossenem Spiegelglas vor. Das Tafelglas des täglichen Gebrauchs wird daher aus einem Glase bestritten, welches in Masse stark gras- oder lauchgrün gefärbt erscheint. In Deutschland wird dies allgemein aus Sand und Kalk mit Glaubersalz, als dem billigsten und aus obigen Gründen hier besonders verwendbaren Rohstoff, geschmolzen, auch im Auslande ist dies vielfach der Fall. Auf der andern Seite macht die Lage der Tafeln in ihrer Bestimmung, nemlich zwischen dem Licht und dem Auge des Beobachters, natürlich jede Unregelmässigkeit und jeden Fehler der Glasmasse höchst auffallend, mithin sorgfältige Läuterung des Tafelglases unerlässlich. Rhostoff und Satz.

Die Formgebung endlich ist eine ganz besonders weit getriebene Anwendung der Glasbläserkunst und setzt in demselben Mass die Eigenschaft der Dehnbarkeit im glühenden Zustande voraus. Ein Glas, welches sich trocken verhält, d. h. bei der Ofenhitze nicht hinreichend erweicht, oder zu kurz, d. h. zu rasch dünnflüssig wird, macht unüberwindliche Schwierigkeiten. Man soll daher nicht zu sparsam mit dem alkalischen Flussmittel sein, damit das Glas nicht zu trocken wird. Der entgegengesetzte Fehler, zu kurzes Glas, ist nicht sehr drohend, insofern der Vortheil des Fabrikanten einen Ueberschuss an Alkali von selbst verbietet.

Potaschenglas ist trockner, weit weniger gut zu blasen als Sodaglas. Da es ohnehin theurer kommt, so verschmilzt man für weisses Tafelglas selten Potasche, meist calcinirte Soda (30 bis 35 Theile) mit Kreide oder reinem Kalkstein (35 bis 40 Theile) und weissem Sand (100 Theile). Manche gehen auf eben so viel Sand mit dem Kalk viel weiter herab (auf 14 selbst 7 Theile) und mit der Soda viel weiter hinauf (bis auf 60 Theile), aber die für das Tafelglas so wichtige Eigenschaft der chemischen Beständigkeit ist dann nicht mehr gesichert. Vor der Einführung des Glaubersalzes war in Frankreich der Gebrauch der Soda von Alicante und des Salicor (Bd. I. 2; 385) mit Holzasche mit einem mässigen Zusatz von Potasche oder sogenanntem „*salin*“ üblich, d. h. durch blosses Auslaugen der Holzasche und Eindampfen gewonnene Salzmasse. Letztere Sätze gaben ein halbweisses Glas. In England, wo man das weisse Tafelglas in bedeckten Häfen schmolz, setzte man früher etwas Mennige zu, die man später wieder wegliess. Heutzutage ist das Glauber-

Sätze.

salz fast ausschliesslich im Gebrauch und zwar mit einem Zusatz von Kohle, wie aus den folgenden Beispielen zu ersehen:

	1.	2.
Sand	100	100
Kalk	18	36 bis 44
Glaubersalz	67	30
Kohle	$3\frac{1}{2}$	1 bis $1\frac{1}{4}$
	$188\frac{1}{2}$ Gwthle.	167 bis $175\frac{1}{4}$ Gwthle.
Glasbrocken	30	20
Heerdglas	40 bis 50	100
	70 bis 80 Gwthle.	120 Gwthle.

1. Von einer Tafelglashütte bei Zwiesel im bairischen Walde. 2. Von einer Hütte im Allgäu.

	3.	4.	5.	6.	7.
Sand	100	100	100	100	100
Kalk	38	41	39	40	25 bis 33
Glaubersalz	28	34	42	36 bis 40	33 bis 40
Holzkohle	$1\frac{1}{3}$	$1\frac{1}{2}$	$3\frac{1}{2}$	4 bis 5	$1\frac{1}{2}$ bis 2
Arsenik	1	$\frac{1}{2}$	—	—	$\frac{1}{2}$
Braunstein	—	—	—	2 bis 3	$\frac{1}{2}$

Dazu Glasbrocken in beliebiger Menge nach den Umständen.

3. Englisch. 4. Belgisch; beide nach dem amtlichen Berichte der Londoner Industrieausstellung von 1862. — 5. Belleaie, Schweiz, nach Schinz. 6. Vereinigte Fabriken der Loire und Rhone. 7. Durchschnittssätze der französischen Hütten nach Bontemps.

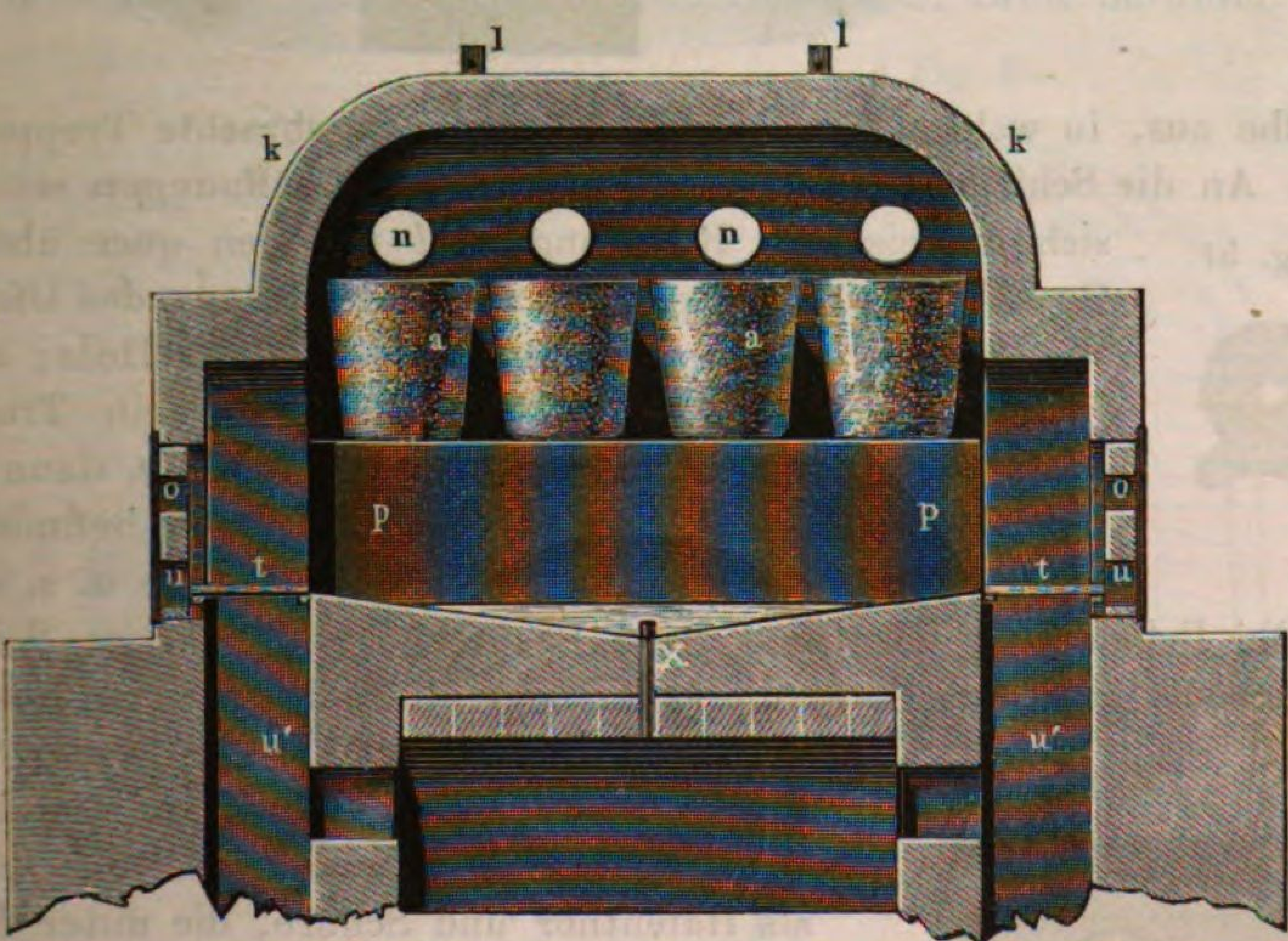
In sämmtlichen Sätzen ist unter Kalk immer kohlensaurer Kalk, in der Regel guter Kalkstein, auch wohl Kreide zu verstehen, aber nicht ausgeschlossen, dass man den Kalk auch im gebrannten Zustande zusetzt. Als Kohle dient gepulverte Holzkohle oder Koke mit dem Glaubersalz für sich gemischt. Bei den Glasbrocken, die in der Umgegend gesammelt und an die Hütten verkauft werden, ist namentlich auf gewissenhaftes Sortiren zu sehen, weil die Fehler durch Einmischung von einzelnen strengflüssigen Scherben bei den Tafeln so sehr in die Augen fallen. Auch gründliches Waschen ist anzuempfehlen. Bei Holzfeuerung, wo das Heerdglas reiner, weniger mit Aschentheilen und mit weniger nachtheiligen und färbenden Aschentheilen vermischt ist, setzt man dies dem Tafelglas wieder zu, nicht so in der Regel bei der Kohlenfeuerung. Selbstverständlich giebt man die Entfärbungsmittel nicht gleichzeitig mit der Kohle in den Satz; sie werden vielmehr erst im Verlauf des Schmelzens, nachdem die Kohle schon verzehrt ist, hinzugefügt. — Versuche, mit kohlensaurem Baryt zu Tafelglas, bei vermindertem oder unterdrück-

tem Versatz an Glaubersalz, haben sich nicht bewährt und gaben ein zu trocknes, schlecht zu arbeitendes Glas.

Was die Tafelglasöfen anbelangt, so ist deren Grösse zunächst von der Leistung des Arbeiters, d. h. von der Stückzahl bedingt, die er bei gehöriger Ausnutzung seiner Kraft zu liefern vermag. Aus dieser Stückzahl und dem Gewicht des zu einem Stück gehörigen Glases ergiebt sich, wieviel Glas ein Hafen fassen muss und daraus seine Grösse. Sie ist aus diesen Voraussetzungen viel bedeutender als bei Hohlglas. Die Grösse der Häfen und ihre Anzahl bestimmt wiederum die Ausdehnung des Ofens. Man hat meist acht, oft auch zehn Häfen im Feuer. Der Tafelglasofen ist daher auch immer von grösserem Umfang als der Hohlglasofen. Oefen; mit Holzfeuerung.

Für die Feuerung mit Holz, wie sie im Böhmerwald und in Süddeutschland noch viel im Gange, ist die Form der Glasöfen die sogenannte französische (Seite 95). Die nähere Einrichtung des Ofens ergiebt sich aus Fig. 49 und 50. — Das Gewölbe *k k* schliesst sich an die geneigten Seitenwände darin die Arbeitsöffnungen *n n*, mit den Thonplatten oder „*Kuchen*“ zum Vorsetzen (Fig. 51), und die über der Bank angebrachten sogenannten „*Glutlöcher*“ *m m* zum Ausbessern und Aufbrechen der Häfen beim Auswechseln, mit der aufgekitteten Thonplatte *z*. Vor diesen Oeffnungen stehen die acht Häfen *a, a* . . ., vier auf jeder Bank. Die beiden Bänke *p p* . . . bilden die nach unten sich erweiternde Tonne, an deren

Fig. 49.

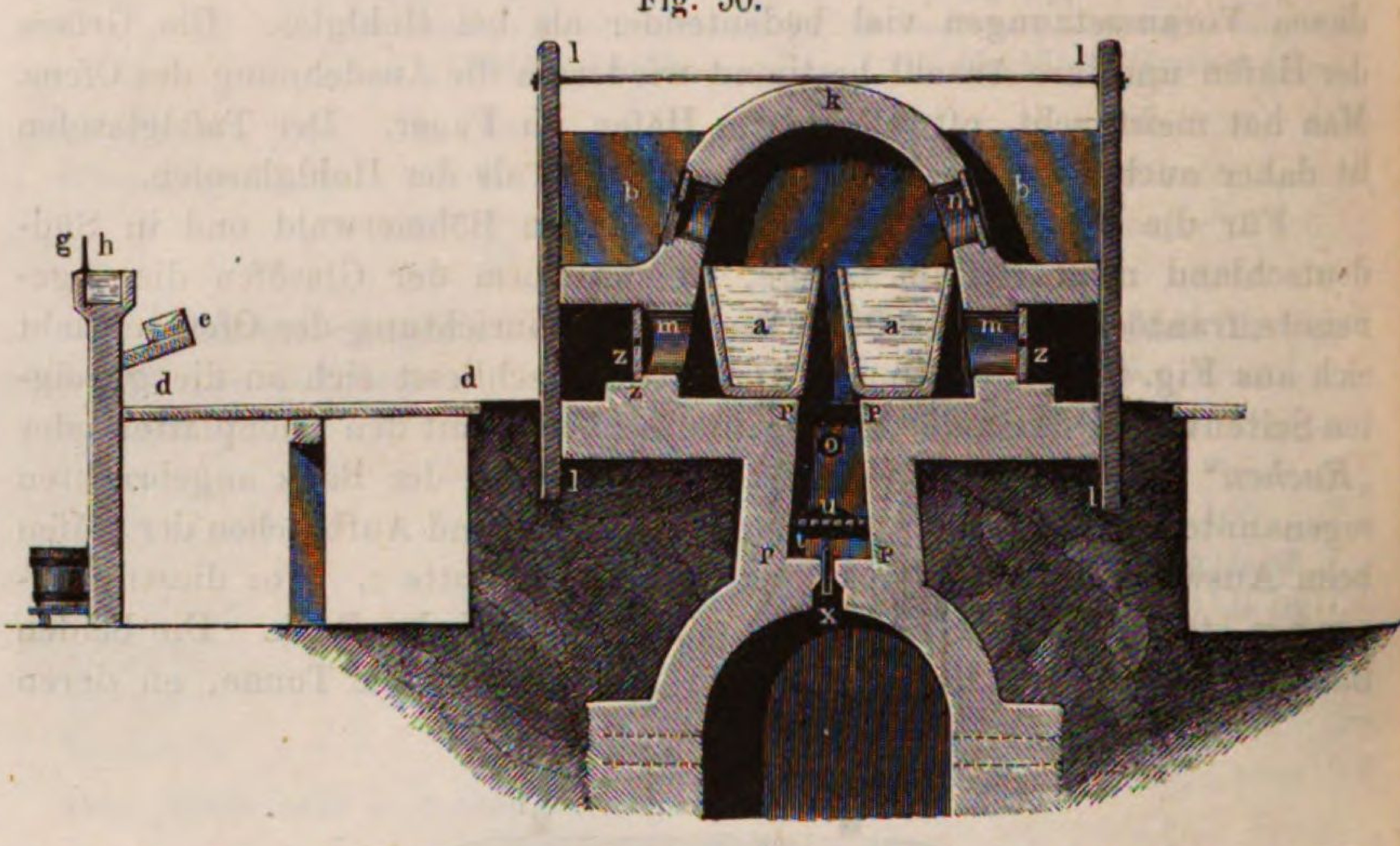


beiden Enden sich die Feuerungen mit dem eisernen Rost *t, t*, dem darunter befindlichen Aschenfall *u', u'* und den Heitzthüren befinden. Meist ist zur Seite jeder Feuerung noch eine besondere Oeffnung von 3 Zoll im Quadrat vorhanden, welche, 6 Zoll über dem Boden der Tonne einmündend, einen secundären Luftstrom der Flamme zuführt. Die beiden Feuerungen

Oefen mit Holzfeuerung.

sind beim Heitzen geschlossen, aber mit je zwei Oeffnungen versehen, die obere *o* zum Einschieben der Holzscheite, die untere *u* zum Eintritt der Luft und zur Verbrennung der abfallenden Kohlenglut. Die Tonne ist in der Mitte geneigt und an der tiefsten Stelle mit einer durch einen Stöpsel verschliessbaren Oeffnung *x* zum Ablassen des Heerdglases versehen. Es geschieht dies von einem unter dem Fundament befindlichen

Fig. 50.



Gewölbe aus, in welches man durch seitwärts angebrachte Treppen gelangt. An die Schirmwände *b b* zwischen den Arbeitsöffnungen schliessen sich die eisernen Rüststangen *l l* mit den quer über das Gewölbe gehenden Spannstäben zur Festigung des Ofens. — Die Arbeiter stehen auf der Bühne *d d* von Holz; an der Brüstung derselben ist in der Zimmerung ein Trog mit Wasser *h*, die Gabel zum Auflegen der Pfeife *g*, dann etwas tiefer der Walgstock *e* angebracht. Am Fusse befindet sich ein Bottich mit Wasser zum Kühlen der Pfeife u. s. w.

Fig. 51.



Die Behandlung des Ofens beim Schüren ist die bereits Seite 44 beschriebene. Bei den Oefen dieser Art der ältern Form ohne Rost und ohne eiserne Thür ist die Zustellung wie in Fig. 52. In jeder Seitenwand sind zwei Oeffnungen über einander, die obere *C*, die als Hafenthor und Schüre, die unter *E*, die als Aschenfall dient. Für den laufenden Betrieb ist die Oeffnung *C* mit vier Thonplatten („Kuchen"): der T-förmigen *c*, der beiden viereckigen *e*, *e* und der halbrunden *l* mit der Schüröffnung *o* geschlossen. Bei dem Auswechseln der Häfen wird die ganze

Fig. 52.



Oeffnung frei gemacht; die Zerlegung der Zustellung in vier Stücke hat den Zweck, die Arbeit zu erleichtern, weil eine einzige Platte zu schwer sein würde. Der Aschenfall E ist mit einer angelehnten Thonplatte halbverschlossen, an deren Fuss sich der Ausschnitt x als Zugloch befindet.

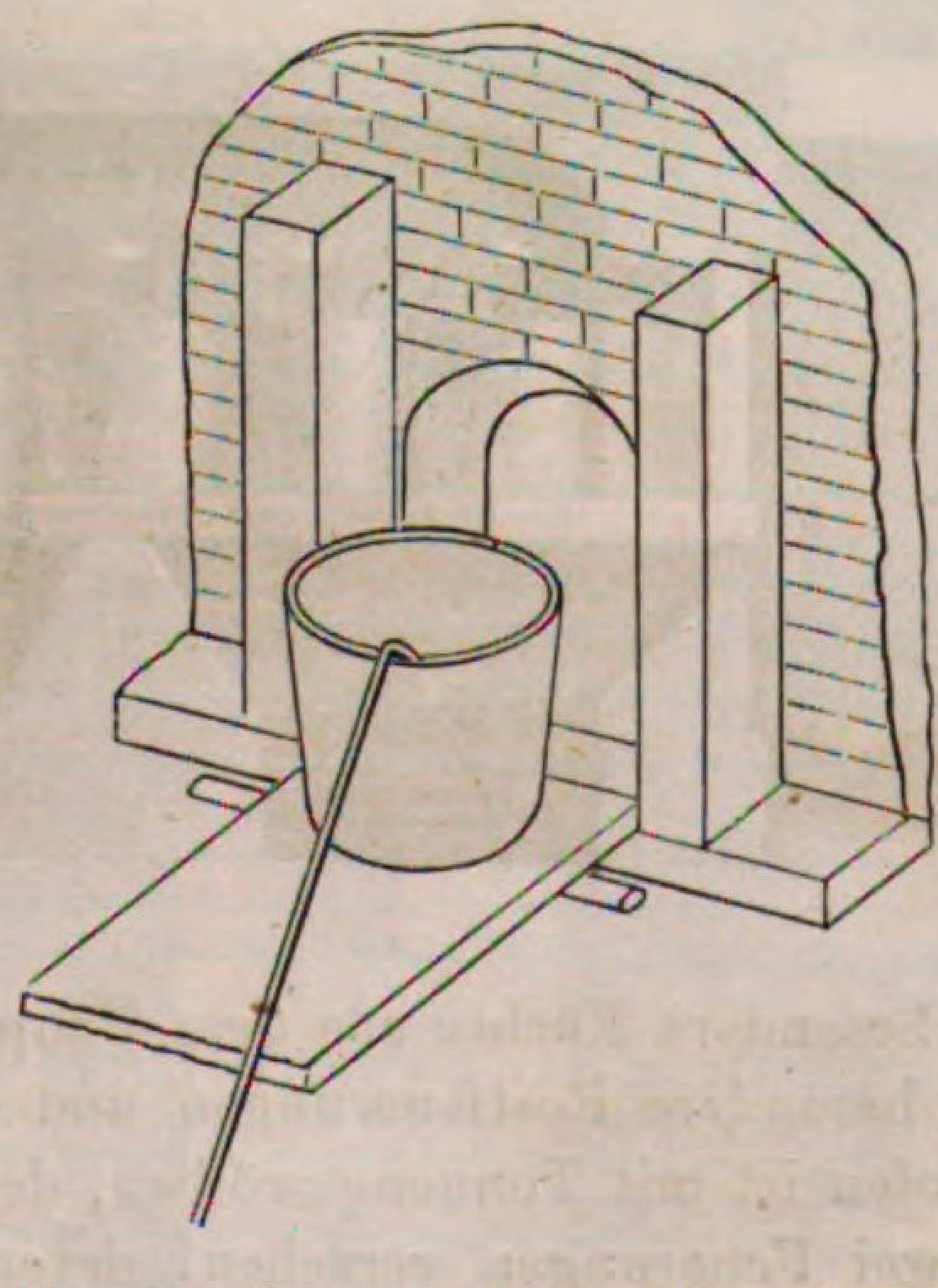
Oefen mit Holzfeuerung.

Bei dem Ofen (Fig. 49 und 50) geschieht die Auswechslung der Häfen nicht durch die Feuerungsöffnung, sondern durch ein besonderes Hafenthor. Dieses besteht aus einem Einschnitt in der Seitenwand vor einem der mittleren Häfen und entsprechender Weite und Höhe, mit einer starken und schweren festverstrichenen Thonplatte A, Fig. 53 u. 54. Der obere Einschnitt b der Platte ist das Arbeits-, der untere a das Glutloch. Soll ein Hafen ausgewechselt werden, z. B. der unmittelbar beim Hatenthor stehende (der einfachste Fall), so wird der Verschluss des Glutlochs a abgenommen, die Thonplatte A aus der Mauer gelöst, mit dem Doppelhaken r gefasst, der in zwei Löcher eingreift und an der Kette in die Höhe gewunden. Durch dies freie Thor fährt man mit einer Brechstange unter den (zu dem Ende abgeschrägten) Boden des Hafens und bricht ihn von der Bank los, auf die er fest backt. Indem man nun die Brechstange etwas tiefer unter den Boden schiebt, zugleich aber den Rand des Hafens mit einem Haken von oben packt, damit er nicht einwärts in den Ofen fallen kann, Fig. 54, gelingt es, den Hafen etwas zu lüften. Sobald dies geschehen, fährt man mit einem starken über eine Rolle verschiebbaren Brett darunter. Auf

Fig. 53.



Fig. 54.



diesem Brett trägt man nun mittelst durchgeschobener Querhölzer den Hafen zur Seite, während einige Arbeiter ihn mit den Eisenstangen im Gleichgewicht halten und die Träger mit Schirmen gegen die versengende Glut schützen. Soll ein Hafen von einer andern Stelle gewechselt

Oefen

werden, so ist die Operation natürlich umständlicher, weil dann oft mehrere herausgenommen und die übrigen auf andere Stellen gerückt werden müssen. Beim Einsetzen neuer Häfen aus dem Temperofen verfährt man ebenso, nur in umgekehrter Ordnung.

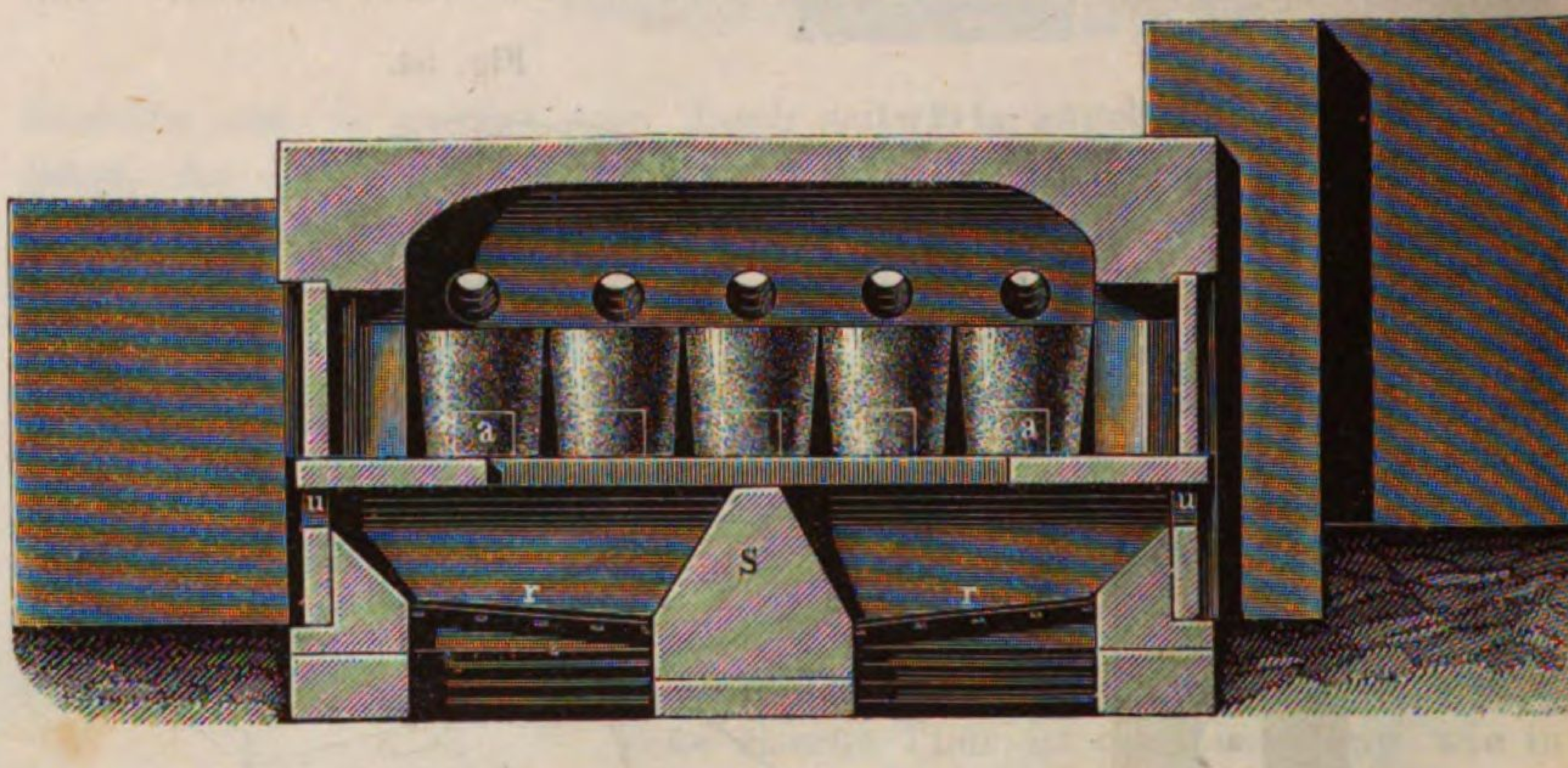
Viel zweckmässiger als das Schleppen der glühenden Häfen auf Brettern, die zum Theil anbrennen, sind Gabeln und Schaufeln auf Rädern.

Das Gewicht eines leeren Hafens ist $1^3/_4$ Centner, die Beschickung an Satz und Brocken etwa 4 Centner, in den 8 Häfen zusammen also 32 Centner. Es werden wöchentlich vier solche Beschickungen geschmolzen und ausgearbeitet mit einem Aufwand von 10 Klafter Holz. — Das Schmelzen dauert bei dem Satz Nro. 1 (Seite 106) 28 bis 30, bei dem Satz Nro. 2 25 bis 28 Stunden, das Ausarbeiten 8 Stunden; die Ofencampagne etwa 24 Wochen.

mit Steinkohlenfeuerung.

Unter den Oefen für Steinkohlenbetrieb zeichnet sich besonders der von Hutter, Fig. 55 bis Fig. 58, durch zweckmässige Einrichtung für 10 ovale Häfen zu 6 bis 7 Centner Beschickung aus. Das ganze besteht aus dem Hauptofen mit den Häfen nebst vier Nebenöfen. Zwei davon, nämlich 3 und 4, als Temper- und Frittöfen dienend, erhalten ihr Feuer

Fig. 55.



durch besondere Füchse aus dem Hauptofen; die beiden übrigen 1 und 2 haben besondere Rostfeuerungen und dienen beim Ausarbeiten. — Der Hauptofen ist mit Tonnengewölben, den etwas vorspringenden Bänken *B* und zwei Feuerungen versehen, deren nach innen geneigte Rosten von den engen Oeffnungen *u u* aus mit Kohlen beschickt und durch den Sattel *S* getrennt sind. Bei den Feuerungen sind die Bänke durch eine Brücke *r*, *r*, Fig. 56 u. 57, verbunden, über welcher sich die beiden Hafenthore *O*, *O* befinden. Jedem Hafen *a* entspricht eine besondere Arbeits-

öffnung. Der Nebenofen zum Fritten und Calciniren hat zwei Abtheilungen in der Höhe, der zum Antempern der Häfen besteht aus einem

Oefen mit Steinkohlenfeuerung.

Fig. 56.

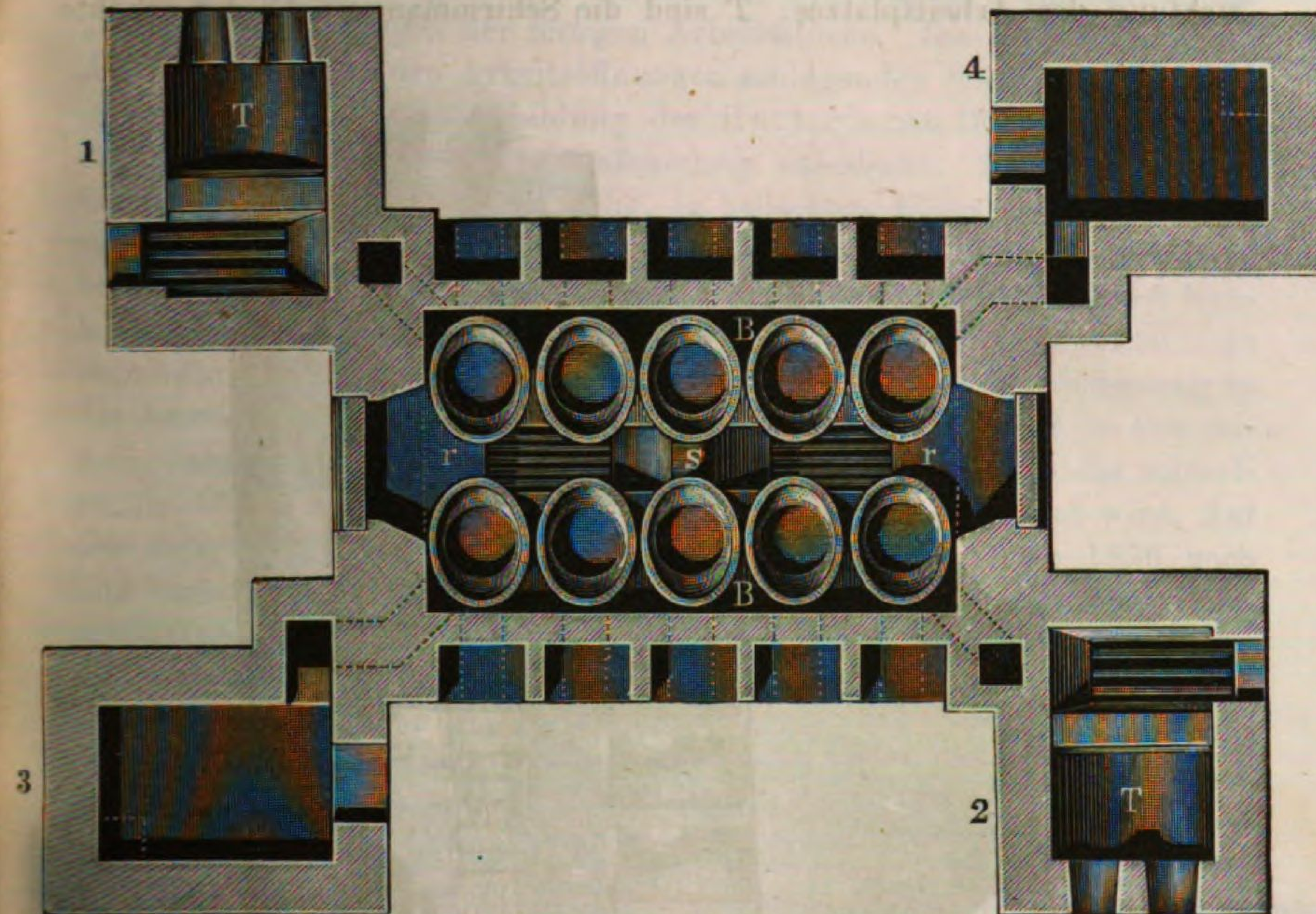
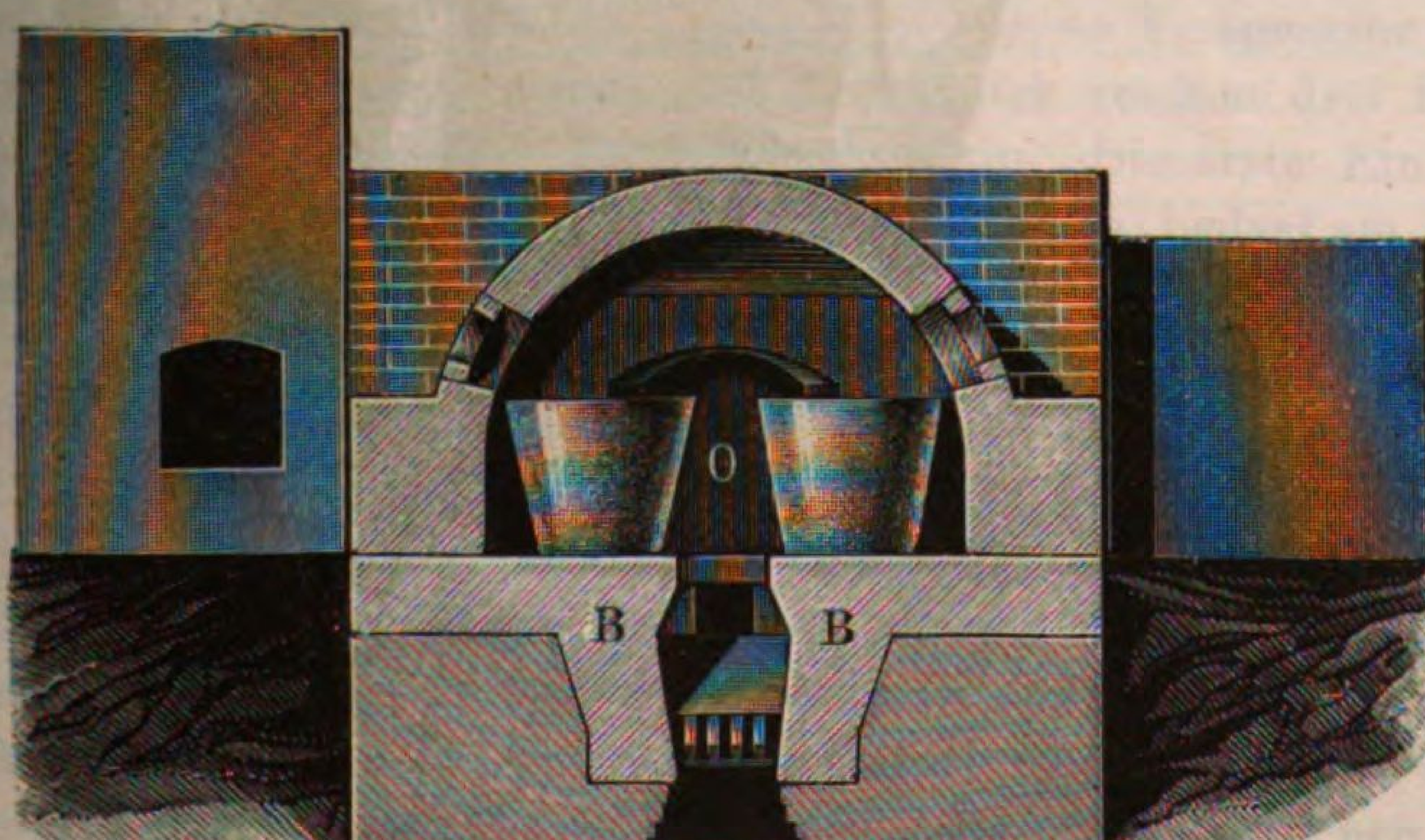


Fig. 57.



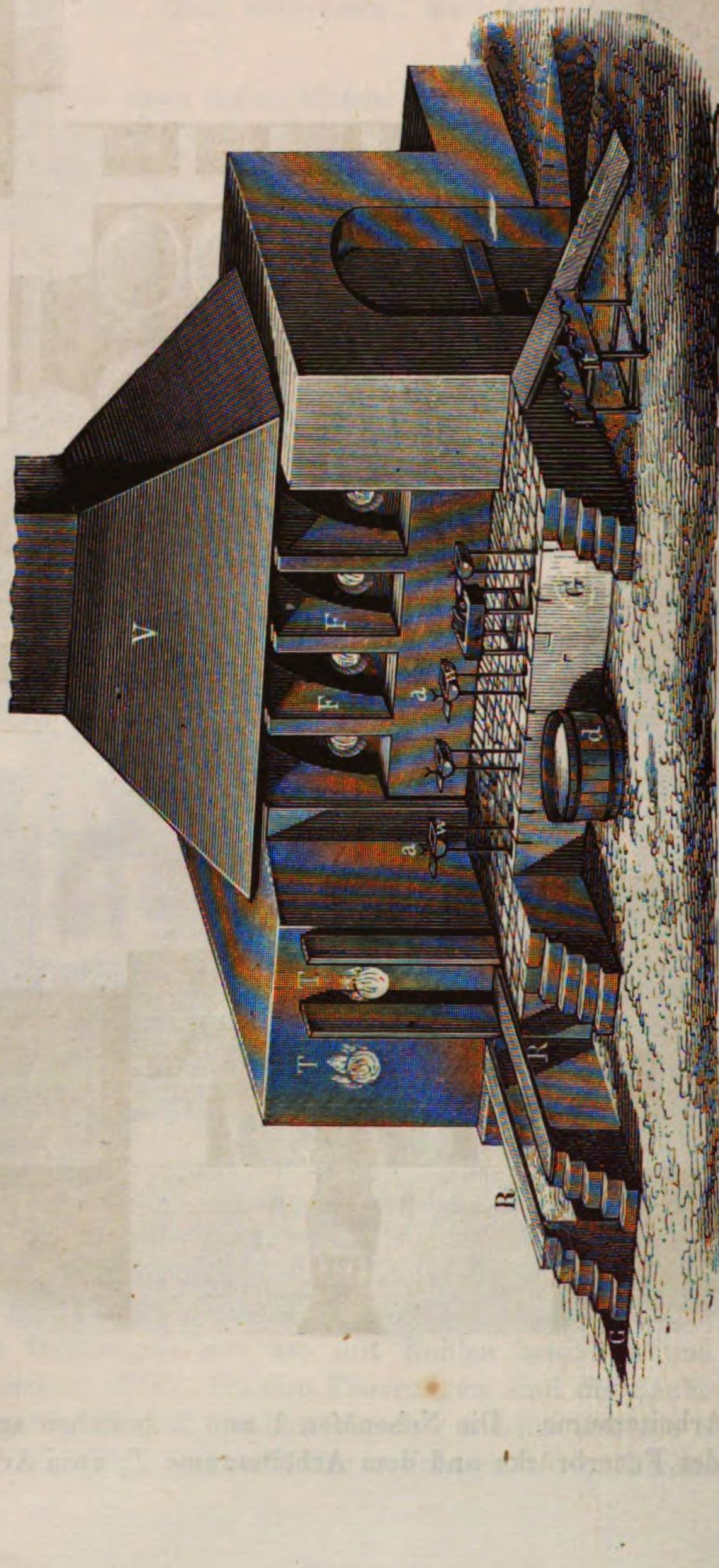
einfachen Arbeitsraume. Die Nebenöfen 1 und 2 bestehen aus der Rostfeuerung, der Feuerbrücke und dem Arbeitsraume *T*; zwei Arbeitsöffnun-

Oefen mit Steinkohlen-feuerung.

gen, grösser als die des Hauptofens, dienen zum Aufwärmen der Arbeitsstücke in der Flamme von *T*, nachdem sie zu grösserer Weite aufgeblasen sind.

Aus der vordern Ansicht des Ofens (Fig. 58) ersieht man die Einrichtung des Arbeitsplatzes: *T* sind die Schirmmauern, *G* der erhöhte

Fig. 58.



Stand für die Arbeiter mit den Trögen und Walgstöcken *a, w*; *R, R* ist die Bühne für die Arbeiter an dem Seitenofen *T*; *G* die sogenannten Schwenkgruben dazu, um Raum für längere Arbeitsstücke mit der Pfeife in der Hängelage zu geben; *d* ein Bottich mit Wasser, *t* ein Gerüst, das „*Schaff*“ zum Ablegen der fertigen Arbeitsstücke. Die Esse *V* dient zur Ableitung der aus den Arbeitsöffnungen schlagenden Hitze. **Oefen mit Steinkohlenfeuerung.**

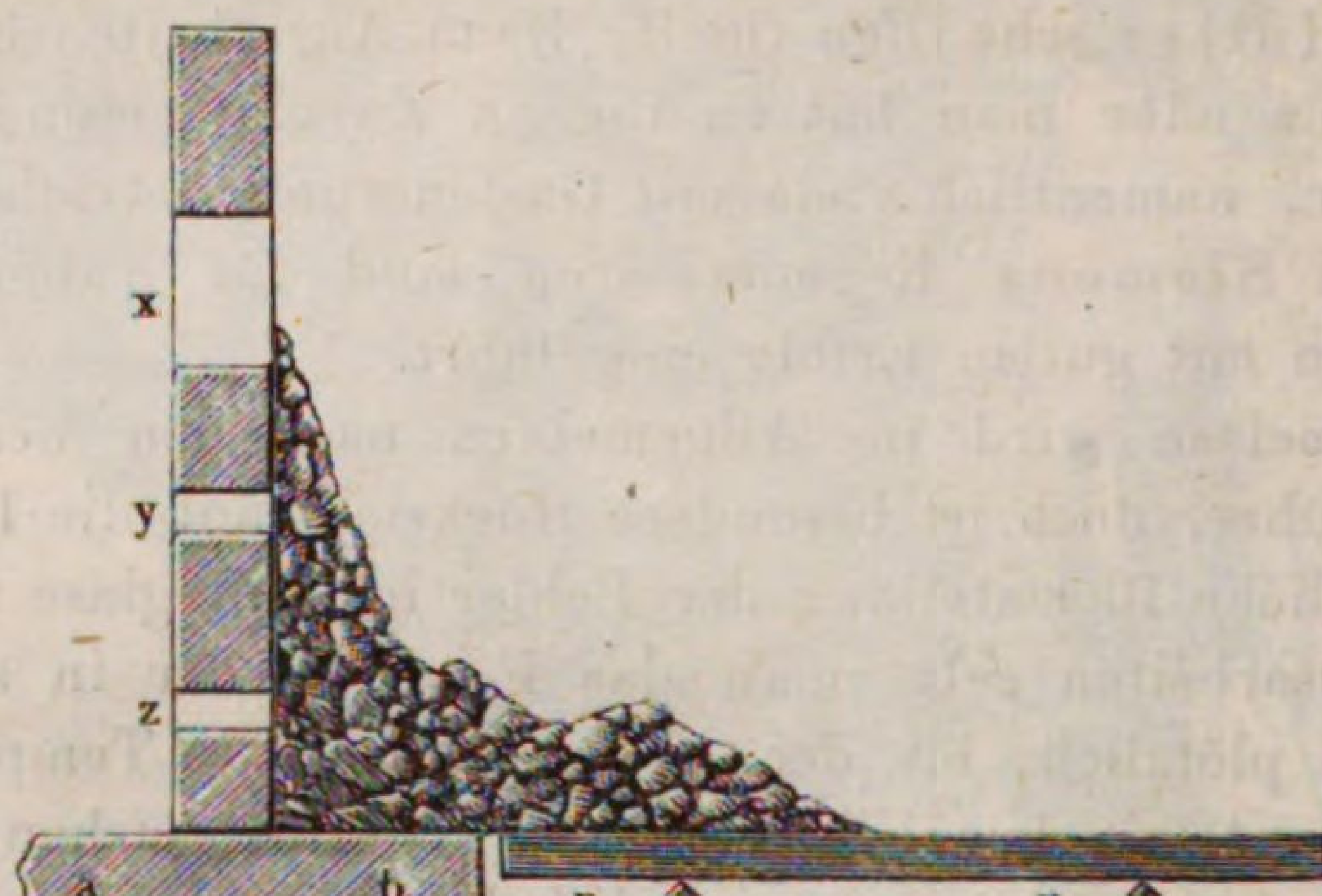
Wie man aus der Abbildung des Hutter'schen Ofens ersieht, sind die Häfen trotz der Steinkohlenfeuerung unbedeckt. Solche Häfen gefährden das Glas durch Flugasche, in bedeckten Häfen dagegen ist das strengflüssige bleifreie Glaubersalz-Tafelglas kaum in gehörigen Fluss zu bringen. Durch zweckmässige, der jedesmaligen Natur der fossilen Kohlen angepasste Construction der Schmelzöfen, sowie durch umsichtige Behandlung des Schürens, ist es an der Hand fortgesetzter Erfahrung in der letzten Zeit gelungen, diese grosse Schwierigkeit so weit zu bewältigen, dass nur eine geringe Menge Asche auf die Oberfläche des schmelzenden Glases sich sammelt, von wo sie beim Abfeimen entfernt wird. Auf den österreichischen Hütten in Steiermark und Böhmen, wo 1856 noch 289 Oefen mit Holz neben 22 mit Steinkohlen gingen, hat jener Fortschritt seit 1852 festen Fuss gefasst, allerdings mit einer Einschränkung, die auch der Hutter'sche Ofen theilt: Beim Ausarbeiten heitzt man entweder mit Holz oder man hat zu diesem Zwecke besondere Oefen mit ruhigem Feuer, namentlich viele mit Gasfeuerung betriebene. — Auch die Oefen mit Siemens' Regeneratoren sind für Tafelglasbetrieb an mehreren Orten mit gutem Erfolg eingeführt.

Schmelzen. Das Schmelzen wird im Allgemeinen nach den bereits gelehrten Regeln ausgeführt, doch ist besondere Rücksicht auf die Läuterung und die eigenthümliche Blossstellung der Fehler im Tafelglase zu nehmen. — Nach dem Ausarbeiten setzt man das Feuer wieder in stärkern Gang, aber nicht zu plötzlich, bis der Ofen seine höchste Temperatur erreicht hat, und beginnt mit dem Einlegen. Gewöhnlich reichen drei Einlagen Satz mit einer vierten Einlage blosser Brocken hin. Die erste Einlage, als die stärkste und bis zum Boden des Hafens reichende, bedarf am längsten Zeit zum Niederschmelzen, bei dem Ofen Fig. 49 ff. z. B. 6 Stunden; die übrigen kürzere Zeit, je 4 Stunden. Wenn alles niedergeschmolzen und die Galle nach Massgabe ihrer Menge ausgeschürt oder abgeschöpft ist, schreitet man zum „*Blättern*“ oder „*Blasen*“ mit einem Stück in Wasser eingeweichten Holzes, einer Kartoffel, oder auch einem Stück Arsenik. Durch das erfolgende heftige Aufkochen nimmt das Glas eine gleichmässigere Beschaffenheit in Bezug auf seine Dichte an, dagegen hat man wieder längere Zeit zu läutern, um die Blasen fortzuschaffen. Um Zeit und Brennstoff zu ersparen, geschieht das Blättern in manchen Hütten nur, wenn bestimmte Anzeigen von Winden, Schlieren u. s. w. vorhanden sind, in anderen Hütten regelmässig bei jeder Schmelzung. — Mitunter geschieht es, wohl in Folge unzureichender Hitze des Ofens, dass das Glas „in den Bläschen stecken bleibt“, d. h. mit zahllosen, äusserst kleinen

Schmelzen. und feinen Bläschen durchsetzt ist, die ungemein hartnäckig und schwer zu beseitigen sind. Selbst die Erwartung, diese Bläschen durch Blättern, also massenhafte Dampfentwicklung zu sammeln, schlägt in der Regel fehl.

Während des scharfen Feuers, namentlich im Beginn des Heissschürens und bei der Läuterung, hat man sorgfältig darauf zu sehen, dass die Häfen nicht von kalten Luftströmen getroffen wird, denen sie nicht widerstehen ohne zu reissen. Dieselbe Gefahr droht, wo aus irgend einem Anlass Stichflammen auftreten. Bei Oefen mit Steinkohlenfeuerung ist es erfahrungsmässig ein sehr häufiger Grund des Reissens der Häfen, wenn der Rost anstatt gleichmässig auf seiner ganzen Oberfläche mit Kohlen bedeckt zu sein, an einer und der andern Stelle von dieser Bedeckung entblösst ist, sei es durch vorzeitigen Abbrand oder Durchfallen. Zur Vermeidung dieses störenden Zwischenfalls giebt man der Feuerung am besten die Einrichtung Fig. 59, wo *r*, *r* den Rost, *ab* eine daranstossende massive Platte oder Schwelle, und *x* das Schürloch zum Einbringen der Kohlen bedeutet. In dem Winkel zwischen Schürwand und Schwelle hält

Fig. 59.

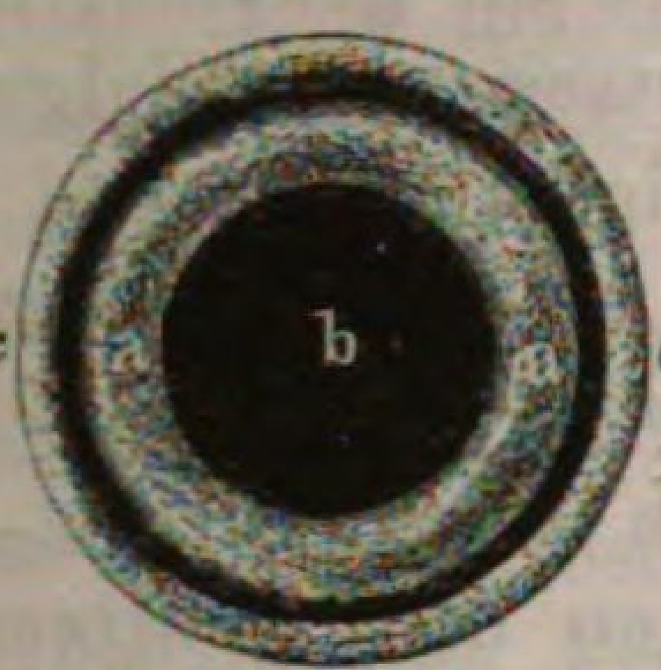


sich alsdann ein Vorrath an Kohle, durch die benachbarte Glut erhitzt und in beginnender Verbrennung. Sobald die Lage Brennstoff auf den Rost zu sehr schwindet, ergänzt der Heitzer durch Vorstossen mit der in die Oeffnungen *y* und *z* eingeführten Schürstange die verzehrte Kohle aus jenem Vorrath und ersetzt den Abgang durch Eintragen frischer Kohlen durch die Oeffnung *x*. Es versteht sich, dass dies in kurzen Zwischenräumen unter stetiger aufmerksamer Beobachtung des Feuers geschehen muss.

Bei Tafelglas ist die Bildung von zähem Glas am Rande des Hafens in Folge von Angriff seiner Thonmasse besonders nachtheilig, daher die Anwendung von Ringen, Fig. 60 (*c* der Hafenrand, *a* der schwimmende Ring, *b* die Glasmasse), überall Regel.

Ist die Läuterung vorüber, die gezogenen Proben befriedigend, das Glas blank, so lässt man den Ofen abgehen und schreitet zum Ausarbeiten. Nach dem Kaltschüren und ehe man mit dem eigentlichen Blasen beginnt, ist es nothwendig, die Oberfläche des Glases im Hafen zu reinigen. Zu dem Ende nimmt ein Arbeiter etwas Glas an eine Pfeife und formt daraus eine kleine Krücke, mit welcher er die aufschwimmenden Unreinigkeiten, schaumige Theile, Reste von Galle u. s. w. über den Rand schiebt. Schmelzringe.

Fig. 60.



Die Schmelzzeit bei Steinkohlenfeuer ist durchschnittlich 20 bis 24 Stunden.

Wenn bis dahin vom Tafelglas die Rede war, so ist dabei eigentlich nur das Walzenglas des gegenwärtigen Betriebs gemeint. Doch gilt, was von dem Satz und dem Schmelzen desselben gesagt worden, im Allgemeinen auch für das Mondglas, nur mit verschärften Anforderungen. Das Mondglasmachen nimmt die Zähigkeit und Dehnbarkeit des Glases bei der Temperatur des Verarbeitens in einem Grade in Anspruch, der im ganzen Bereich des Glashüttenwesens kaum wieder vorkommt. Es ist daher die höchste Sorgfalt anzuwenden, durch passende Mischung des Glases jene Eigenschaft zu heben, dem kurzen und trocknen Verhalten entgegen zu arbeiten, die Menge der Basen, namentlich der erdigen, im Verhältniss zur Kieselerde nicht zu niedrig zu greifen. Auf einen nicht weniger hohen Grad, wie dies nur etwa beim Spiegelgiessen vorkommt, ist die Läuterung des Glases zu treiben. In England, wo diese Fabrikation am längsten bestand und ihre höchste Ausbildung erreicht hat, ging man bis zu Häfen von 1,5 Meter Durchmesser. Die Oefen fassten acht solcher Häfen und massen bei 6 Meter Länge 4,5 Meter Breite und 3,5 Meter Höhe vom Rost bis zum Gewölbe. Der Brennstoffverbrauch belief sich bei dem Mondglas ungewöhnlich hoch, in den englischen Hütten auf das siebenfache Gewicht des fertigen Glases an Steinkohle. Um eine reine Flamme beim Läutern zu erhalten, war man genöthigt, etwa 8 Stunden lang grosse Massen von Kohlen (gegen 40 Hectoliter) auf den beiden mit Thon verstrichenen Rosten in der Form der stillen Glut zu unterhalten, wobei die Wärme nur sehr unvollkommen entwickelt und benutzt wird. Man brachte der Reinheit des Feuers einen Aufwand von Brennstoff zum Opfer, wie er nur bei den niedrigen Kohlenpreisen in England möglich war. Schlussbemerkung.

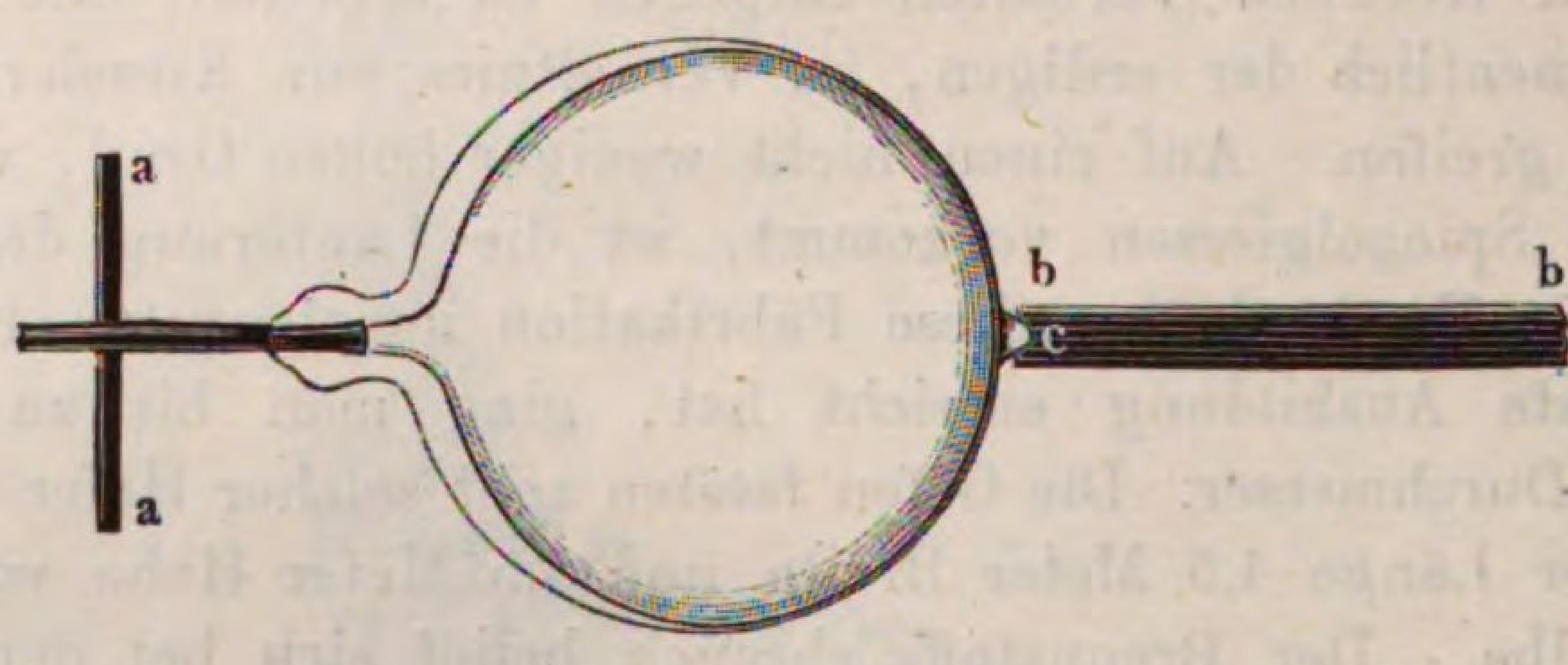
Mondglas.

Als ein nunmehr fast erloschener Zweig der Tafelglasfabrikation hat das Mondglas kaum noch andres Interesse als das eines der belehrendsten Fälle über die Bearbeitung des Glases überhaupt. Es mag daher mit

der Bemerkung, dass an verschiedenen Orten gewisse Abweichungen der Behandlung bestanden, hier in der Kürze die in England zuletzt gebräuchliche Art der Mondglasfabrikation beschrieben werden.

Blasen. Der Arbeiter hat eine Masse von etwa 9 Kilogramm Glas auf die mehrfach erwähnte Weise nach und nach mit der Pfeife aufzunehmen. Nachdem er die Pfeife, die sich bei der Aufnahme von so viel Glas stark und weit hinauf erhitzt unter einem dünnen Wasserstrahl gekühlt, giebt er dem Glaskörper auf einem glatten und reinen gusseisernen Walgstock eine genau symmetrische Rundung und Regelmässigkeit, während sein Gehilfe zugleich mässig Luft einbläst. Es kommt darauf an, dass die so entstehende Höhlung genau in der Axe des Glaskörpers liegt. Diesem giebt man, so lange er noch warm ist, durch Einschnürung mittelst Schränken einen Hals (ganz so wie weiter unten beim Walzenglas, Fig. 65, beschrieben). Die weitere Bearbeitung erfolgt an einem besonderen Nebenofen mit zwei besonderen Arbeitsräumen, einer mit einer Arbeitsöffnung von etwa 3 Decimeter, ein zweiter mit einer solchen von etwa 1,5 Meter. Beide Räume sind mit Rosten versehen und mit starkflammenden Stückkohlen geheitzt. Der inzwischen in der engern Arbeitsöffnung aufgewärmte Glaskörper wird nun in der Stellung Fig. 61 aufgeblasen; die Stange *a* dient zum Auflegen der sich drehenden Pfeife, die

Fig. 61.



(auf einem Fuss befestigte) eiserne Dülle *b b* der Pfeife gegenüber als Widerlager. Durch mässiges Andrücken an die letztere bildet sich der Knopf *c*, während der zum Ballon aufgetriebene Glaskörper im vordern Theil schon nahezu die Dünne der künftigen Glastafel erreicht, behält er in der Umgebung des Halses noch beträchtliche Stärke, als Glasvorrath zum weitern nunmehr folgenden Ausrecken. Durch ein zweites Aufwärmen, rasche Axendrehung der in einer Gabel ruhenden Pfeife, flacht sich das bis dahin noch kugelartige Gefäss zur Form Fig. 62 ab. Sobald diese erzielt ist, heftet der Gehilfe ein Bindeisen an den Knopf *c*, während der Bläser mit einem benetzten Eisen den Glaskörper in der Schränkung von der Pfeife absprengt. Es folgt nun die letzte Operation des „*Auflaufens*", wobei der Arbeiter den am Bindeisen sitzenden vorn offenen Ballon in eine völlig ebene gleich dicke kreisrunde Scheibe und zwar durch blosse Centrifugalkraft verwandelt, wie

folgt: Indem der Arbeiter zuerst sein Arbeitsstück mit dem dicken abgesprengten offenen Hals vor die engere Arbeitsöffnung hält, erhitzt sich dieser Hals und die vordere dickwandige Fläche ausschliesslich, weil diese allein mit dem Feuer in Berührung kommen, der hintere dünnwandige Theil bleibt verhältnissmässig kühl. Sobald jene Seite auf die höchste Rothglühhitze gekommen und demgemäss erweicht ist, tritt der Arbeiter rasch um die Ecke des Auflaufofens, dicht vor dessen weite Arbeitsöffnung, und giebt der in völlig horizontaler Lage in einer Gabel ruhenden Pfeife eine möglichst lebhafte Axendrehung. Der schon weiche dicke Rand des Ballons beginnt sofort sich am Halse zu öffnen *) (Fig. 63). Unter fortdauernder und beschleunigter Axendrehung plattet sich das Ganze in einigen Secunden zu einer flachen Scheibe ab, die sich, von der anprallenden Flamme immer mehr erweichend, endlich zu jener gleich dicken kreisrunden Tafel ausbreitet (Fig. 64). Dies ist natürlich nur dadurch möglich, dass gegen Ende die gesammte Oberfläche von der Flamme getroffen auch im dünnern Theil hinreichend erweicht, um sich frei von Wellen und gänzlich eben zu strecken. Hat sich die Scheibe regelmässig gestreckt, so entfernt sich der Arbeiter damit vom Feuer nach einem Gestelle, um sie darauf abzulegen und das Bindeisen vom Nabel abzusprengen. Es versteht sich, dass der Arbeiter nicht unterlassen darf Auflaufenlassen.

Fig. 62.

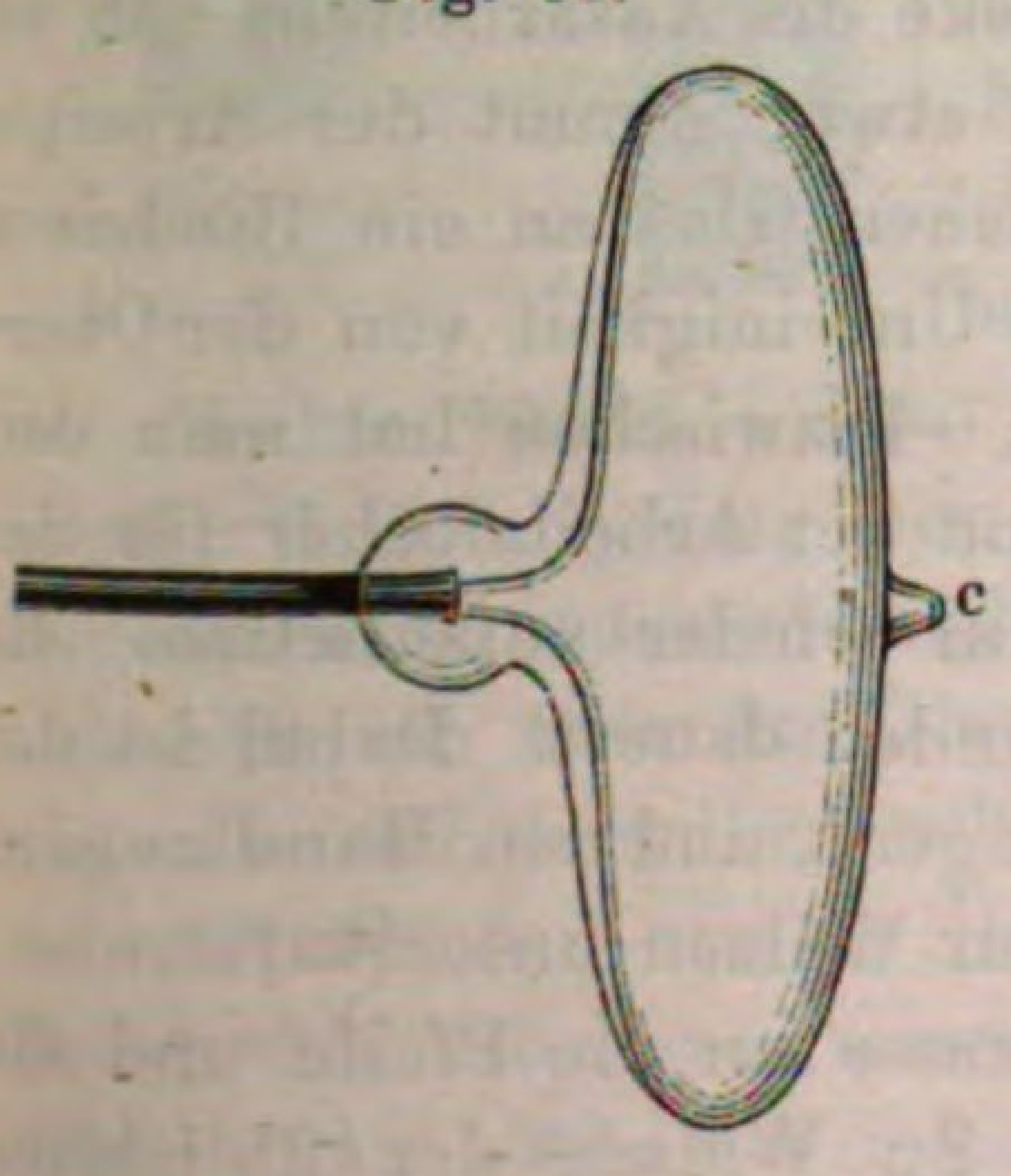


Fig. 63.

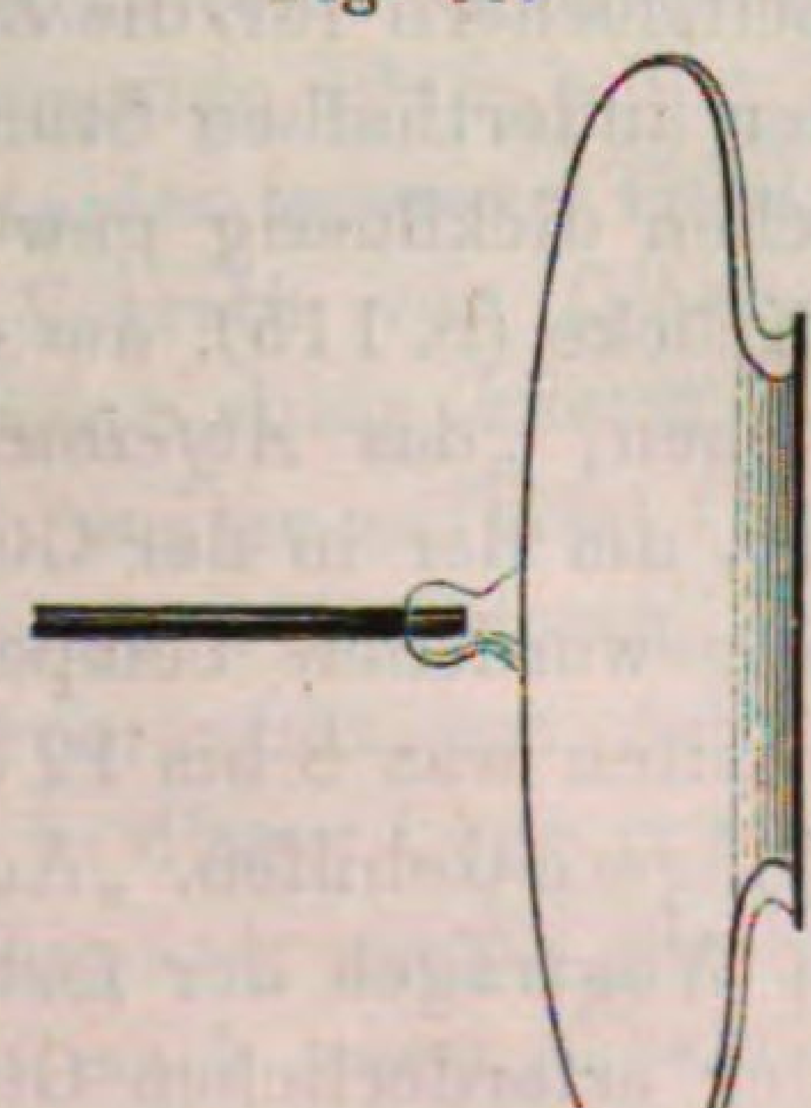
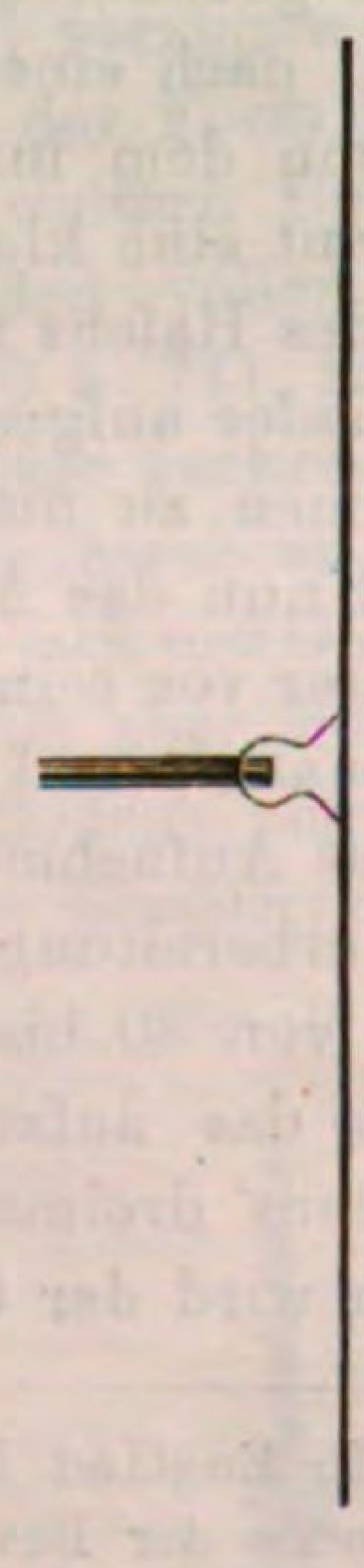


Fig. 64.



die Scheibe auf diesem Wege fortwährend umlaufen zu lassen, bis sie hinreichend erkaltet ist, denn sie würde sich in der Ruhe natürlich sofort zusammenfalten. Die auf diese sinnreiche Weise dargestellten Scheiben sind, weil die beiden Oberflächen mit keinem festen Körper, sondern nur mit Luft in Berührung kommen, von hohem Glanz, grosser Sauberkeit, sehr eben und äusserst dünn, im Durchschnitt nur 1,5 Millimeter. Bei einem Durchmesser von 1,5 Meter beläuft sich ihr Gewicht auf mehr als 7 Kilogramm.

*) Das Arbeitsstück auf dieser Stufe hiess von seiner Form „die Krone“ (englisch *crown*), woher „*Crownglas*“.

Ausbeute. Ein einmaliges Ausarbeiten aus den acht Häfen liefert ungefähr 1100 Mondglasscheiben. Wenn man bedenkt, dass die einzelnen Theile des mächtigen ursprünglichen Ballons nicht gleichzeitig, sondern nach einander ausgereckt werden, so begreift man, dass es ungemein viel Kraft, Uebung, Sicherheit der Hand und des Auges erfordert, schliesslich zu einer so dünnen und gleichmässigen Scheibe zu gelangen. Bei grosser Schönheit der Flächen ist es die Gestalt der Rundscheiben, welche den Werth des Mondglases sehr beeinträchtigt. Der Knopf in der Mitte, in der Regel noch mit einer Verdickung des umgebenden Glases, ferner die krummen Ränder bilden beim Zerschneiden der Scheibe zu viereckigen Tafeln einen unverhältnissmässigen Abfall. So war es natürlich, dass die Mondglasfabrikation durch das zwar minder schöne, aber viel vortheilhafter gestaltete Walzenglas verdrängt wurde *).

Walzenglas.

Beim Walzenmachen ist der Verlauf der Arbeiten wesentlich verschieden, auch nicht aller Orten in den Einzelnheiten genau übereinstimmend. Als Beispiel mag die böhmisch-bairische Art dienen.

Abfeimen. Nach beendigter Läuterung unterbricht man das Schüren, um das Glas bei geöffneten Arbeitslöchern für die Zwecke des Ausarbeitens zäh zu machen; nach einer oder anderthalben Stunde etwa, nimmt der Arbeiter etwas von dem inzwischen dickflüssig gewordenen Glas an ein Bindeisen und formt eine kleine Krücke (S. 115), um die Unreinigkeit von der Oberfläche des Hafens zu ziehen, „das *Abfeimen*". Inzwischen hat man den Ofen wieder aufgeschürt, um der in der Gegend der Arbeitslöcher für das Aufwärmen zu niedrig gewordenen Temperatur wieder aufzuhelfen. Es beginnt nun das Ausarbeiten was 8 bis 12 Stunden dauert. Dabei ist der Glasbläser von seinem jüngern Gehilfen, „Anfänger", und den Handlangern zur Abnahme und zum Wegtragen der fertigen Walzen unterstützt.

Walzen; Blasen der Das Aufnehmen der erforderlichen Glasmasse an die Pfeife und die erste Vorbereitung ist Sache des Anfängers. Zu Walzen der üblichsten Grösse, von 80 bis 100 Centimeter Höhe bei 30 Centimeter Durchmesser, beträgt das aufzunehmende Glas 4 bis 5 Kilogrammen und erfordert wenigstens dreimaliges Eintauchen der Pfeife. Nach dem dritten Aufnehmen wird der Glasballen, der bis dahin auf dem verdickten Ende der

*) In England bestand das Mondglas länger als auf dem Continent, lediglich aus Gründen der Besteuerung. Man erhob früher eine Steuer und zwar gleich vom Producenten, welche $^2/_3$ des Verkaufspreises, nemlich über 15 Silbergroschen vom Kilogramm, betrug. Der Fabrikant verkaufte nicht nach Gewicht, sondern nach Stückzahl; da nun Mondglas dünner als Walzenglas gearbeitet werden kann, so vertheilte sich die Steuer bei jenem auf eine grössere Anzahl verkäuflicher Tafeln. Dazu kam dann die Gewohnheit des Publicums an reine und schöne Tafeln. Als unter R. Peel jene Abgabe beseitigt wurde, begann allmählich das Walzenglas an die Stelle des Mondglases zu treten.

Walzen: Blasen der

Pfeife sitzt, durch Schränken mittelst der am Werkplatz befestigten Gabel vor dieses Ende geschoben (Fig. 65 und Fig. 66), aber so, dass er durch

Fig. 65.

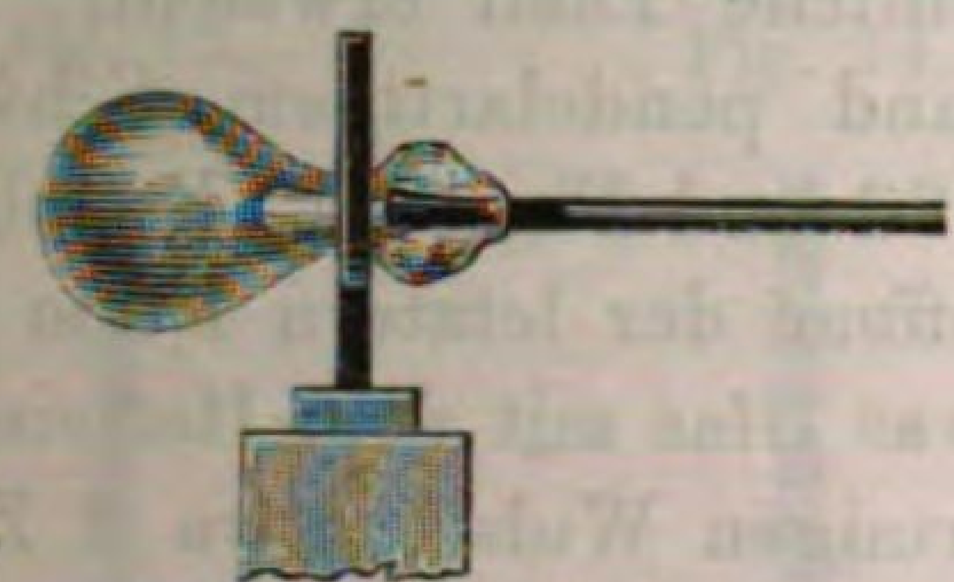
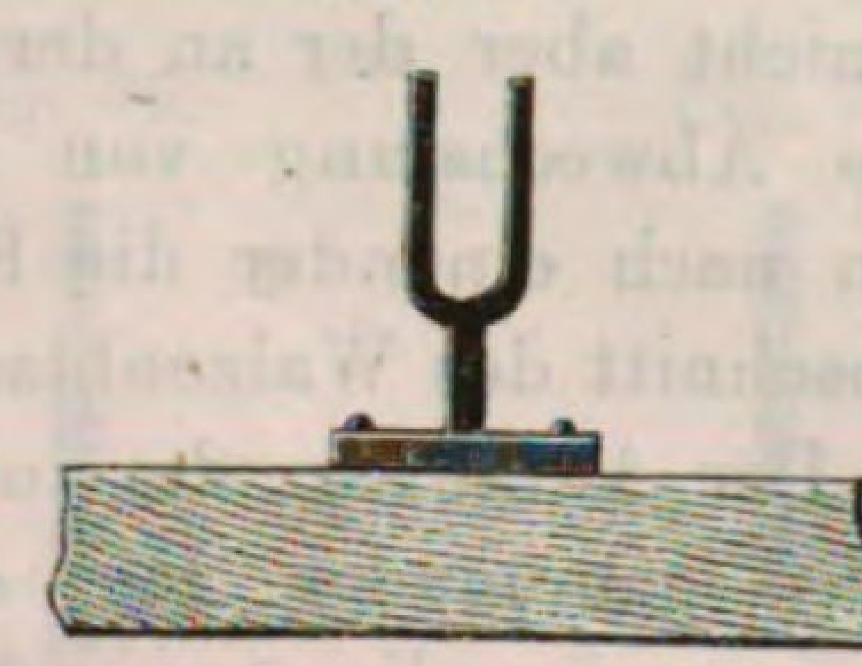


Fig. 66.



einen Hals damit verbunden bleibt. Sobald dies geschehen, giebt man dem Ballen im Walgstock die gehörige Rundung und Regelmässigkeit und bewirkt durch kräftiges Einblasen den Anfang einer Höhlung (Fig. 67). Durch Aufwärmen und fortgesetztes Einblasen wird die Höhlung vergrössert, aber indem man, während des wiederholten Aufblasens den dicken Bodentheil des Glaskolbens mit dem Plätteisen (Fig. 68) bearbeitet. Bei dem Aufwärmen erhitzt sich der massive Theil langsamer und weniger als der hohle Theil, durch das Plätteisen wird jener noch etwas abgekühlt, dieser nicht. So geschieht es, dass beim Aufblasen der schon hohle Theil vorzugsweise aufgeht, der massive Theil (in der Form Fig. 69) als Vorrath von Glas zur weitern Gestaltung der Walze bleibt. Man bringt diese zuerst auf den vollen Durchmesser dadurch, dass man ihn weiter aufbläst (Fig. 70 u. 71), nach dem folgenden Aufwärmen und weiteren Aufblasen die Pfeife senkrecht über sich hält, so dass der Glaskörper statt von der Pfeife herab zu hängen, vielmehr auf derselben ruht. In dieser Lage erweitert sich der Glaskörper beim Aufblasen seinem Durchmesser nach, plattet sich aber unter dem Druck des schweren massiven nach oben gekehrten Bodens zugleich ab (Fig. 72). Mit den folgenden Handgriffen wird der Glaskörper durch

Fig. 67.



Fig. 68.



Fig. 69.



Fig. 70.



Fig. 71.



Fig. 72.



Walzen; Blasen der

Bearbeiten in die Länge, der Walzenform nahe gebracht und zwar mittelst Auftreiben des noch sehr massiven Bodens. Bei diesem Aufwärmen des Glaskörpers hält ihn der Arbeiter so in das Feuer, dass eben nur dieser Boden, nicht aber der an der Pfeife befindliche Theil erweicht. Durch massvolle Abwechslung von Aufblasen und pendelartigem Schwingen entstehen nach einander die Formen Fig. 73 und Fig. 74. Es folgt der dritte Abschnitt des Walzenblasens, das Oeffnen der letztern Form in der Spitze. Der Anfänger, der inzwischen etwas Glas mit dem Hefteisen aus dem Hafen genommen, legt einen ringförmigen Wulst, etwa 2 Zoll im Durchmesser, um die äusserste Spitze, worauf der Bläser sofort vor das Arbeitsloch tretend, sein Arbeitsstück einführt — aber nur wenig, so dass eben nur jene Spitze Feuer bekommt — und zugleich kräftig Luft eintreibt. Die kleine Glasfläche, dem glühenden Wulste und der Flamme zunächst ausgesetzt, erweicht auf diese Art viel früher als die Umgebung, bläht sich unter dem Druck der eingetriebenen Luft zu einer Blase auf, die sich rasch verdünnt und mit einem lauten Knall zerplatzt. Es entsteht ein unregelmässiges zerfranztes Loch, welches der Arbeiter rasch, so lange das Glas noch weich ist, unter Hin- und Herrollen der quer über den Stuhl gelagerten Pfeife mit der Scheere glatt beschneidet, so dass der Wulst mit fortfällt (Fig. 75). In diesem Zeitpunkt ist die ganze Spitze des zuckerhutförmigen Glaskörpers noch stärker im Glas als der obere Theil. Auch diese Spitze muss nun zur Walzenform erweitert und gerade gestreckt werden. Es geschieht, nachdem dieser Theil wieder aufgewärmt und erweicht ist, abwechselnd durch Axendrehung der Pfeife, womit eine Erweiterung durch Centrifugalkraft, und zugleich durch pendelartiges Schwingen, wodurch ein Ausrecken in die Länge bewirkt wird. Durch die Ausdehnung in diesem doppelten Sinne verdünnt sich der so bearbeitete Theil selbstverständlich auf die Glasstärke des obern. Das Blasen der Walze, die nun die Gestalt Fig. 76 besitzt, ist damit fertig. Sie wird mit dem feuchten Plätteisen an dem Halse von der Pfeife bei x abgesprengt, bleibt auf dem vorher eingeschobenen Tragholz liegen und wird von dem Zuträger einstweilen zur Seite gesetzt. — Wie man sieht, gehört ungemeine Kraft und Geschicklichkeit dazu, bei der Wucht des Glaskörpers mit der Pfeife, jeder einzelnen Walze durchaus die vorgeschriebene und gleiche Glasstärke, dazu völlig gerade Wände ohne Ausbauchungen oder eingezogene Stellen, endlich während der ganzen Ausarbeitung allen Walzen gleiches Ausmass zu geben.

Von der vollkommenen Hohlwalze weicht der fertig geblasene Glaskörper in zwei Stücken ab, nemlich durch die Kappe a und durch einen leicht verdickten Saum am untern Rande b. Fig. 76. Dieser letztere ist nur 2 bis 3 Centimeter breit, mit abgerundeter Kante, welche der künftigen Tafel um so mehr verbleibt, als sie unschädlich und später beim Strecken wichtige Dienste leistet. Dagegen liegt es dem Bläser noch ob, in der Zwischenzeit zwischen dem Strecken und Blasen die Kappe abzunehmen und zugleich die übrig bleibende Hohlwalze der Länge nach aufzuschlitzen. Beides geschieht

durch Sprengen mit dem glühenden Eisen und zwar das Absprengen der Kappe mit dem *Rundsprengeisen*, Fig. 77, das Schlitzen mit dem *Langsprengeisen*, Fig. 78. Das Rundsprengeisen wird, sobald der gebogene Walzen; Absprengen der Kappe.

Fig. 73.



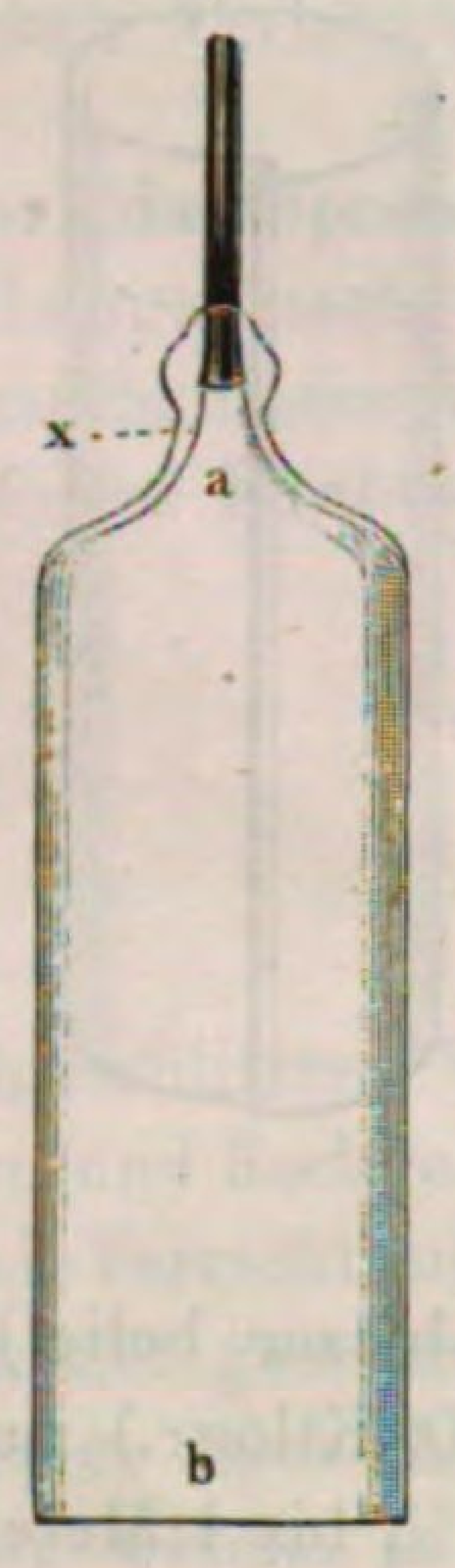
Fig. 74.



Fig. 75.



Fig. 76.



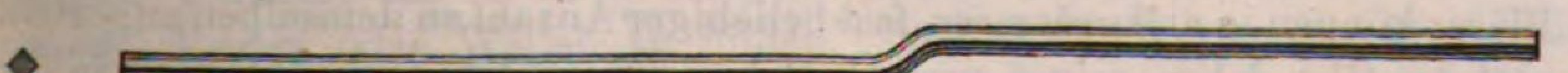
Theil gut rothglühend ist, in das Gestelle einer Bank eingesetzt, auf der der Arbeiter reitend sitzt. In dieser Stellung legt er die Walze, auf der Linie, die Kappe und Walze scheidet, in die glühende Biegung und dreht

Fig. 77.



sie wiederholt um, bis diese Linie im ganzen Umfang hinreichend heiss geworden. Durch Betupfen mit dem feuchten Finger entsteht ein reiner Sprung, der Kappe und Walze mit einemmal trennt.

Fig. 78.

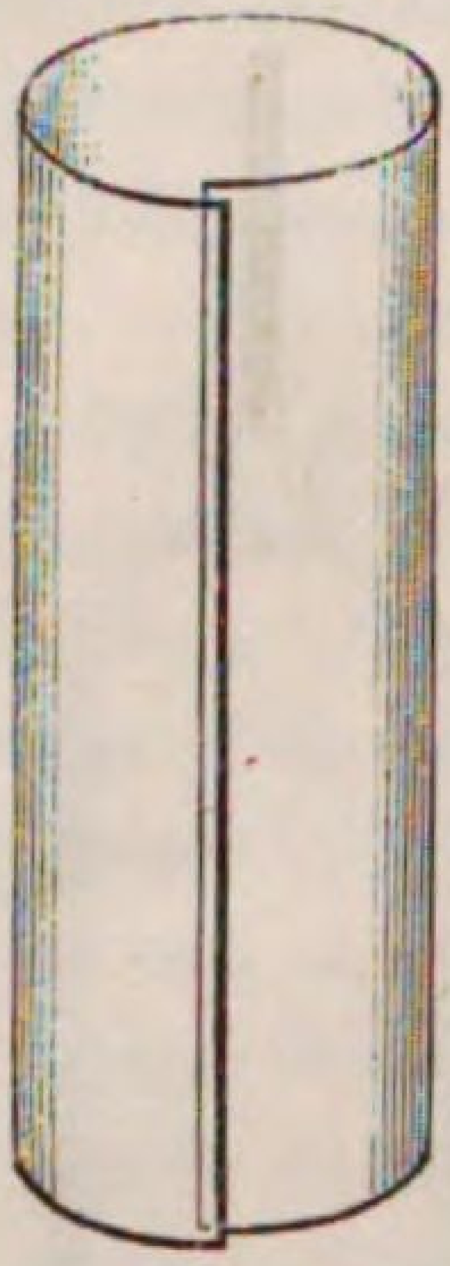


Da das Rundsprengeisen nach innen gewölbt ist, so berührt es das Glas gleichsam nur mit einer Linie. Beim Aufschlitzen stehen die Walzen einfach auf dem Boden, während der Arbeiter an der Innenfläche der

Walzen; Aufsprengen.

Walze mit der Kante des abgekröpften Langsprengeisens auf der Linie des zu machenden Schlitzes auf- und niederfährt, auf der dann durch Betupfen ein Sprung aber der Länge nach entsteht. Die nunmehr zum Strecken fertige Walze (Fig. 79) wird nicht gekühlt, sondern kommt unmittelbar zum Strecken. Es ist bemerkenswerth und nicht ohne Wichtigkeit für diese bevorstehende Arbeit, dass im Augenblick des Schlitzens die Ränder des Sprungs in Folge einer in der Walze bestehenden Spannung über einander schnappen, so dass sie sich auf 2 bis 3 Centimeter decken. Zeigt die Walze einen auffallenden Fehler an irgend einer Stelle, so schlitzt man sie so, dass dieser Fehler in den Sprung, folglich an den Rand der künftigen Tafel, zu liegen kommt.

Fig. 79.



Schlussbemerkungen.

In England, wo der Brennstoff sehr billig (1 Ctr. Kohle 3 bis 5 Silbergr.), der Arbeitslohn sehr hoch steht (namentlich zur Zeit der Einführung des Walzenglasbetriebs sich auf 29 bis 32 Thlr. wöchentlich für die Glasbläser belief), ungewöhnlich grosse Häfen (mit Beschickungen bis zu 1800 Kilogr.) und Walzen von bedeutendem Umfang ($1^1/_4$ Meter hoch bei $^3/_4$ bis 1 Meter Durchmesser) üblich waren, hat man es vortheilhaft gefunden, das Blasen der Walzen ganz und gar aus dem Schmelzofen in einen besonders geheitzten Nebenofen zu verweisen. Bei dem Blasen der Walzen aus dem Schmelzofen, wo man nur je einen Bläser an jedem Hafen und jeder Arbeitsöffnung beschäftigen kann, wäre die Arbeitskraft des einzelnen Mannes bei so grossen Beschickungen und folglich so langer Dauer des Arbeitens nicht mehr zureichend gewesen; man hätte Ablösungen einrichten müssen. Bei dieser langen Dauer des Ausarbeitens, wobei die bis über 1 Meter weiten Arbeitslöcher nothwendig eben so lange offen stehen, ist zuletzt die Abkühlung des Schmelzofens so bedeutend, dass das Glas abfällt, aufhört blank zu kommen; die Walzen fangen an krätzig, blasig und windig zu werden. Aus diesen Gründen gab man dem Schmelzofen kleine Arbeitslöcher, nicht weiter, als eben zum „Anfangen", d. i. zum Aufnehmen des Glases nöthig, von etwa 25 bis 30 Centimeter Durchmesser. Die Anfänger schöpfen das Glas immer nur aus je einem oder zwei Häfen, während die Arbeitslöcher der übrigen unterdessen geschlossen bleiben; der schädlichen Abkühlung des Ofens ist in eben dem Masse vorgebeugt. Das eigentliche Blasen der Walzen geschieht am Nebenofen; die Bläser können in viel grösserer, fast beliebiger Anzahl an demselben angestellt und das Glas daher, seiner grossen Masse ungeachtet, ohne Ablösung in der gewöhnlichen Zeit ausgearbeitet werden. Der Nebenofen zum Ausarbeiten muss weit genug sein, damit zwei von gegenüber stehender Seite zum Aufwärmen eingeführte Walzen sich nicht berühren, also ungefähr 3 Meter; die Länge richtet sich nach der Anzahl der zu gleicher Zeit arbeitenden Walzenbläser. An den beiden schmalen Seiten befinden sich die beiden

Feuerungen; bei dem mässigen Hitzgrade, wie er zum Blasen erforderlich, genügen Roste von 40 bis 45 Centimeter Länge. — Der Betrieb eines besonderen Ofens zum Ausarbeiten ist mit einem etwas grösseren Aufwand an Brennstoff verbunden, als das Ausarbeiten im Schmelzofen, aber die Vortheile wiegen diesen Verlust, für die englischen Verhältnisse wenigstens, vollkommen auf.

In England zieht man es ferner in vielen Hütten vor, das Sprengen der Walzen von der Kappe sowie das Schlitzen der Länge nach mit dem Diamant zu bewerkstelligen, wozu man besondere mechanische Vorrichtungen hat. Man bezweckt damit geradere und reinere Kanten zu bekommen.

Das Strecken.

Die durch Blasen hergestellten, der Länge nach aufgeschlitzten Walzen müssen, um Tafeln daraus zu machen, noch aufgebogen und flachgelegt, „*gestreckt*“ werden. Es gehören dazu jederzeit zweierlei Verrichtungen: zunächst das Strecken im engern Sinn, dann das Kühlen der gestreckten Tafeln. Die Einrichtung zum Strecken umfasst daher stets zwei Hauptstücke, den eigentlichen Streckofen und den Kühlofen, welche in der Regel mit einander verbunden sind. Der wesentlichste Theil des Streckofens ist wiederum die „*Streckplatte*“, eine aus Thon gefertigte ebene Tafel als Unterlage beim Flachlegen der Walzen. Bedingungen.

Die Anforderungen an das gestreckte Glas, in aller Strenge genommen, sind: vollständig ebene Tafeln, deren Oberfläche denselben Spiegel (Glätte und Glanz) besitzt wie die Walzen, ferner, soweit es die Natur des Glases zulässt, möglichst geringe Sprödigkeit und die damit zusammenhängende Eigenschaft, sich gut und sicher mit dem Diamant schneiden zu lassen. Ebenheit und Spiegel der Fläche hängen vom Strecken, Sprödigkeit und Verhalten gegen den Diamant wesentlich vom Kühlen ab. Beim Strecken sind das Ueberfahren mit dem Plättewerkzeug (also die Reibung und der Druck auf die Unterlage, die Streckplatte), die Rauheiten, welche Streckplatte wie Glastafel geneigt sind im Feuer anzunehmen, die Körner und Unreinheiten, die während der Arbeit auf das Glas fallen, eben so viele Anlässe dem reinen Spiegel zu schaden, und kleine Fehler zu erzeugen. Beim Aufbiegen erzeugt die Ungleichheit des äussern und innern Umfangs der Walzen einigen Zwang und durch diesen die Neigung, Beulen oder Wellen zu bilden. Bei einer Walze von 20 Centimeter Durchmesser, bei 2 Millimeter Glasstärke, übertrifft der äussere Umfang den innern um mehr als 6 Millimeter; um diesen Betrag auszugleichen, ist die innere Fläche genöthigt, sich um ebensoviel zu strecken, beziehungsweise die äussere sich zu stauchen. Missverhältniss der Temperatur im Kühl- und Streckofen giebt den Tafeln das Bestreben, sich zu werfen, windschief zu werden. Zu hohe Temperatur im Streckofen erzeugt durch

Strecken; Bedingungen.

Entglasung eine Art Krätze (*„verbranntes Glas“*), zu niedere Temperatur unvollkommene Plättung. Mangelhafte Kühlung macht die Tafeln spröde, hart zum Schneiden und geneigt dabei auszuspringen. Alle einzelnen Arbeiten beim Strecken sind, wie man sieht, fast eben so viele Feinde des Glanzes und der richtigen Gestalt der Tafeln. In der That bleibt der Erfolg hinter den Forderungen mehr zurück als wünschenswerth, das Strecken ist zweifelsohne die schwache Seite des Walzenglasbetriebes und sieht noch wesentlichen Verbesserungen entgegen.

Um eine Walze aufzubiegen und flach zu legen, muss sie auf einen gewissen Grad erweicht sein: bei zu geringer Erweichung hält es schwer, sie flach und eben zu bekommen, bei zu starker Erweichung nimmt sie zu leicht Eindrücke auch der geringsten Unebenheiten der Unterlage an, oder läuft gar Gefahr festzukleben. Auch die Streckplatte verliert im Feuer nach einiger Zeit ihre anfängliche Glätte und nimmt allmählich eine gewisse Rauheit an, um so mehr, je höher die Temperatur, die sie auszuhalten hat. Im Kühlofen muss die Temperatur jedenfalls so niedrig sein, dass die eingeschobene Tafel alsbald erstarrt und sich, auf der hohen Kante stehend, nicht mehr verbiegt; aber doch wieder hinreichend hoch, um die Kühlung nicht in ihrer Wirkung zu lähmen. Es handelt sich sonach zumeist um richtige Führung der Temperatur und um zweckmässige Beschaffenheit der Werkzeuge beim Strecken. Als geeignete Temperatur hat man diejenige anzusehen, bei der die Walzen eben von selbst aus einander gehen und sich öffnen, wenn der Spalt nach oben gerichtet ist. Bei dieser Temperatur legt sich die Walze zwar auf, aber sie giebt noch lange keine ebene Tafel, sie muss vielmehr noch zu dem Zweck mit einer Krücke geplättet, allseitig glatt auf die ebene Unterlage aufgestrichen werden. Als Krücke dient vortrefflich ein handgrosses Brett von weichem Holz an einer $2^1/_2$ Meter langen Eisenstange so angesteckt, dass nicht Hirn-, sondern Langholz auf das Glas zu liegen kommt. Nichts gleicht der Glätte, die man beim Hin- und Herstreichen mit diesem Holz auf der Glastafel fühlt. Auf dem heissen Glase zersetzt sich das Holz unter Entwicklung von empyreumatischen Stoffen, die gleichsam als Schmiere jenen hohen Grad der Empfindung von Glätte bewirken und den geringsten Grad von Beschädigung der Oberfläche bedingen, der unter den Umständen möglich ist. Nach jedesmaligem Gebrauch löscht man die Krücke in Wasser; erst nach etwa sechs Stunden muss eine neue aufgesteckt werden. Ohne jene günstige Eigenschaft des Holzes würde das Strecken kaum ausführbar sein; die Holzkrücke ist für diese Arbeit ein unersetzliches Werkzeug *).

Streckplatten.

Die Streckplatte ist, wie die Häfen und Ofensteine, ein Gemisch von gebranntem mit frischem feuerfestem Thon. Gebrauchte Streckplatten geben den besten Versatz, sonst Masse von gebrauchten Häfen. Der

*) Angaben, wonach beim Strecken eiserne Krücken dienen, beruhen auf Verwechslung mit dem Strecken geblasener Spiegel.

frische Thon soll nicht über die Hälfte betragen. Für die Streckplatte an sich nimmt man, wie bei allen Gegenständen aus Thon dieser Stärke, den feuerfesten Thon körnig gepocht, für die Streckfläche selbst, staubfein abgesiebt. Nach dem Einschlagen in die Form lässt man die Platte langsam trocknen, etwa 6 bis 8 Wochen lang und schlägt inzwischen, grösserer Dichte wegen, öfter nach. Erst nach dem Trocknen oder ganz gegen Ende desselben schreitet man zum Geraderichten der Oberfläche und polirt diese mit einer glatten Kelle von Holz, besser von Glas, indem man mit etwas Wasser oder verdünntem Essig befeuchtet. Quarzpulver als Zusatz ist weniger beständig, schärfer als gebrannter Thon und empfiehlt sich durch nichts. Mehr sollte von einem Versatz mit Graphit zu erwarten sein, welcher der Oberfläche ungemeine Glätte giebt. In dem gleichen Sinne schlug Hartmann Streckplatten von gepulvertem Speckstein vor, mit Gyps als bindendem Mittel angemacht, Gyps verträgt jedoch kein Feuer. Von diesen Versuchen hat nichts mehr verlautet *).

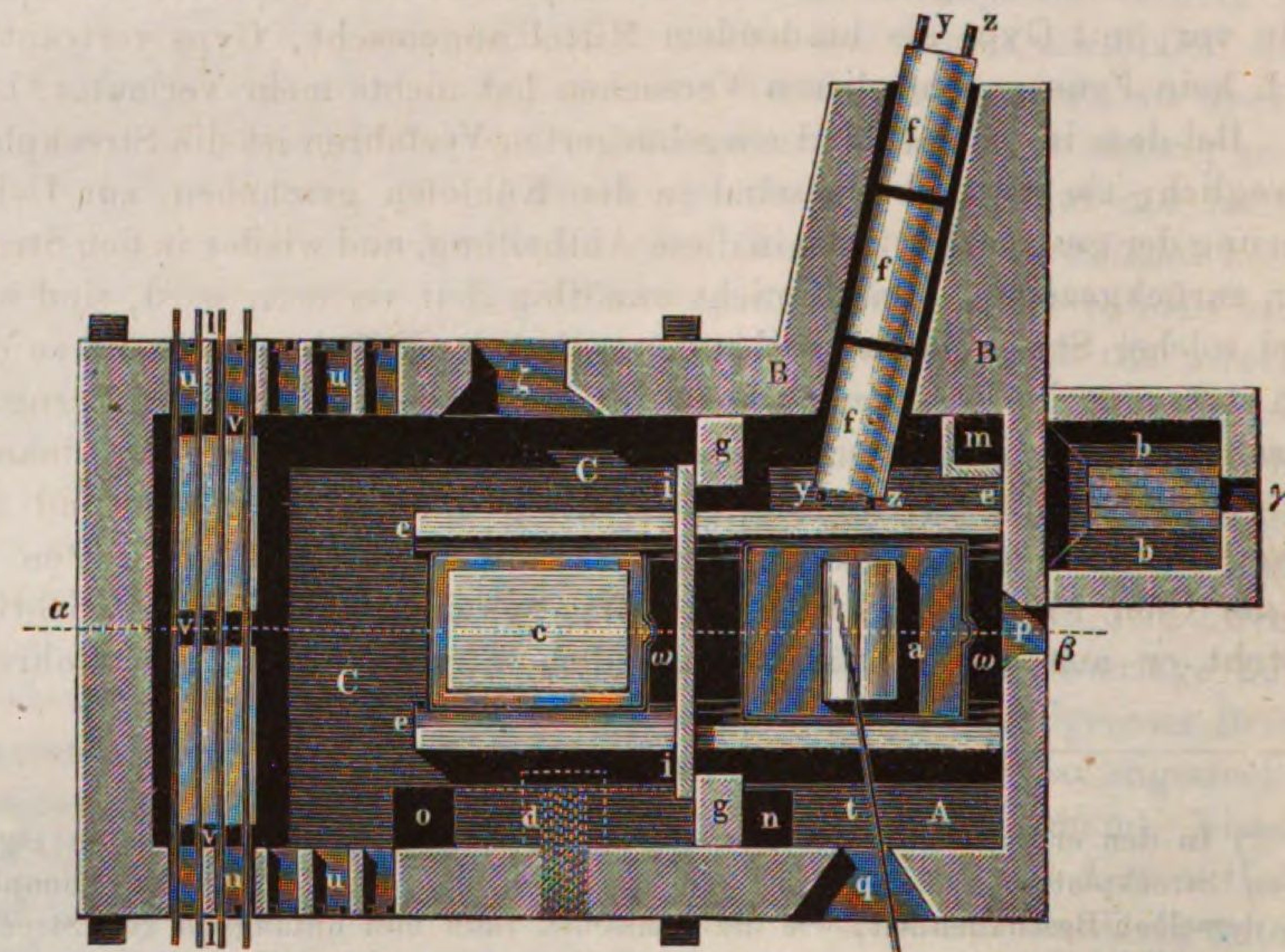
Bei dem in Deutschland eingebürgerten Verfahren ist die Streckplatte beweglich; sie wird abwechselnd in den Kühlofen geschoben, zur Ueberführung der gestreckten Tafel in diese Abtheilung, und wieder in den Streckofen zurückgezogen. Damit nicht unnöthig Zeit verloren wird, sind stets zwei solcher Streckplatten vorhanden, die mit einander wechseln, so dass sich stets eine im Kühlofen, eine im Streckofen befindet. Nur in Bezug auf diesen Wechsel der Platten weichen die üblichen Strecköfen von einander ab: in der einen Art werden die Platten auf Schienen hin- und herbewegt, in der andern Art auf einer Drehscheibe. Von der ersten Art ist der Ofen Fig. 80, 81 und 82. Wie aus dem Querschnitt ersichtlich, besteht er aus drei Abtheilungen: dem Streckofen *A*, der Röhre *B* Strecköfen.

*) In den ersten Zeiten des Betriebs auf Walzenglas hatte man keine eigentlichen Streckplatten, sondern nur eine gewöhnliche rohe festliegende Thonplatte von derselben Beschaffenheit, wie die Ofensohle, rauh und untauglich zum Strecken. Als eigentliche Unterlage dieser Arbeit diente gestrecktes Glas selbst und zwar eine dickere Tafel aus einer zu diesem Zweck eigens in grösserer Wandstärke angefertigten Walze, ein sogenanntes „Lager". Das Lager befand sich demgemäss in demselben erweichten Zustande, wie das zu streckende Glas. Um das Anhaften des letztern an dem Lager zu verhindern, pflegte man jedesmal eine Hand voll trocknen gelöschten Kalk in die Feuerzüge zu werfen. Dieser Kalk, in den Ofen geweht, legte sich als leichter zarter Staub auf das Lager, so dass keine unmittelbare Berührung der Glasflächen stattfand. Sobald eine Tafel gestreckt war, übergab man sie in der Art dem Kühlofen, dass man das Lager auf eine zweite im Kühlofen liegende Thonplatte hinüberschob, und nach dem Aufnehmen der gestreckten Tafel das Lager wieder in den Streckofen zurückzog. Durch diese Bewegung waren Verwerfungen des Lagers und Beschädigungen kaum zu vermeiden; nach einiger Zeit trat regelmässig Entglasung des Lagers, in Folge davon Rauhigkeit der Streckfläche und Verletzung des Spiegels der Tafeln, ein. Man war genöthigt, alle drei, vier, höchstens nach fünf bis sechs Stunden das Lager zu wechseln. Das Strecken unmittelbar auf geglätteten Thonplatten erscheint demnach als ein grosser Fortschritt.

Streckofen mit verschiebbaren Platten.

und dem Kühlofen *C*. Mit diesen Abtheilungen stehen zwei Feuerungen, *d* und *b*, letztere mit dem Schürloch *γ* in Verbindung, beide unter der Sohle des Hauptofens. Von der Feuerung *b* aus findet die Heitzung des Ofens *A* statt, die Flamme tritt an zwei gegenüber stehende Ecken in *m* und *n* aus. Die Feuerung *d* gehört dem Streckofen *C* an; ihre Flamme tritt durch *o* in denselben ein. Man legt ausserdem an einer andern passenden Stelle von *C* von Zeit zu Zeit ein Holzscheit auf die Sohle des Streckofens, wo es sich entzündet und mit seiner Flamme zur gleichmässigen Erhitzung des Kühlraumes und zu seiner Beleuchtung beiträgt. Die Abtheilung *B*, die sogenannte „*Röhre*“ zum Zubringen der Walzen, mündet frei in den Streckofen *A*; dagegen ist dieser vom Kühlofen *C* durch eine Scheidewand *g*

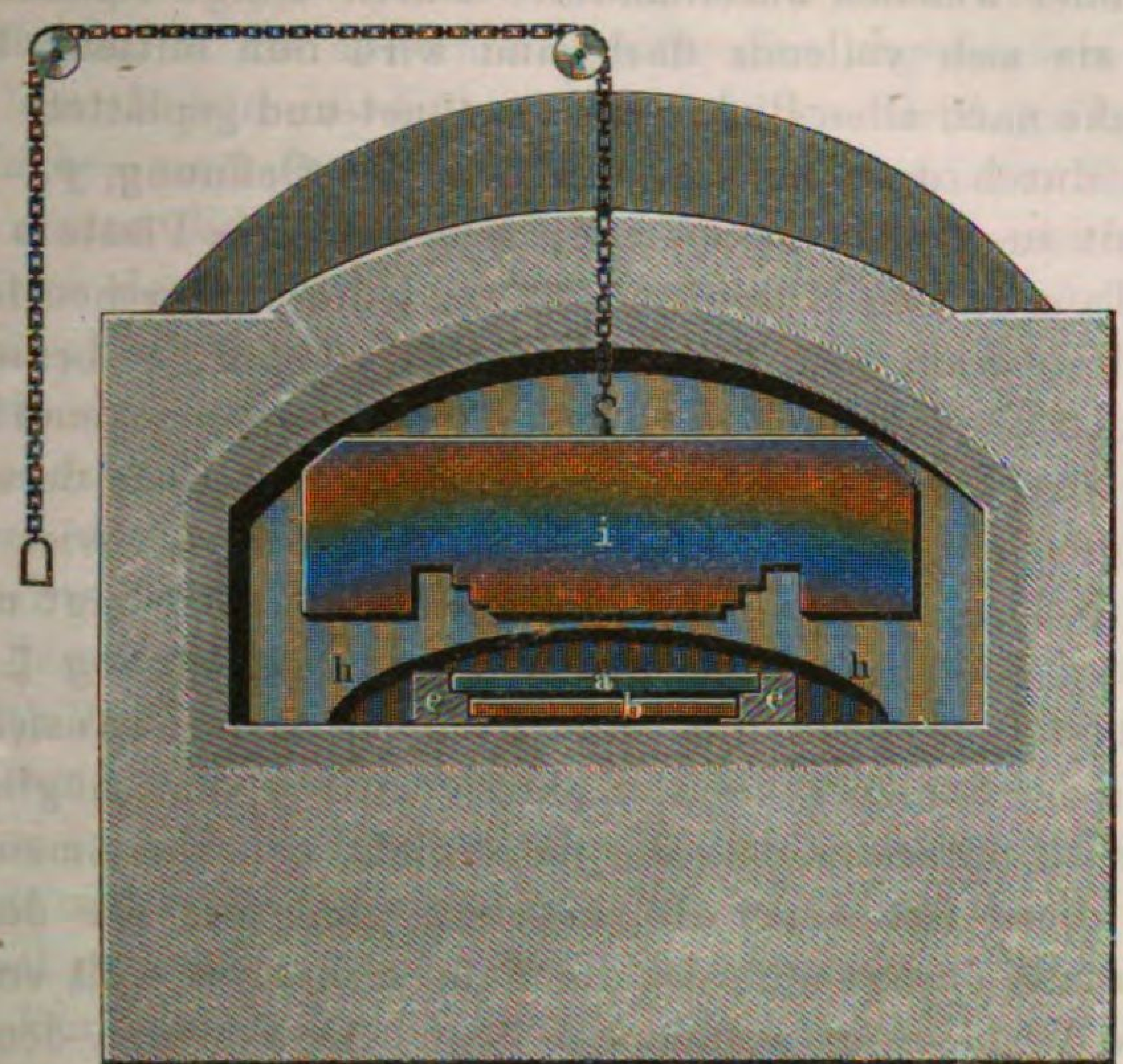
Fig. 80.



getrennt bis auf einen niedern Durchgang unter dem flachen Bogen *h*. Dieser Durchgang, zum Hinüberschieben der Streckplatten aus dem Streck- in den Kühlofen und umgekehrt bestimmt, ist gerade nur so hoch als diesem Zweck entspricht und für die Zwischenzeit durch einen an Gegengewicht und Kette aufgehängten gusseisernen Schieber *i i* geschlossen, um die Temperatur im Streckofen dauernd auf der Temperatur des erweichenden Glases, die im Kühlofen entsprechend niedriger, zu halten. — Zur Bedienung des Ofens gehören drei Mann: ein Gehülfe, der die Walzen in die Röhren *B* einschiebt und zugleich die Feuer in *b* und *d* unterhält, dann der Strecker bei der Oeffnung *p* und *q*, endlich der beim Kühlofen beschäftigte Arbeiter, bei der Oeffnung *ζ* aufgestellt.

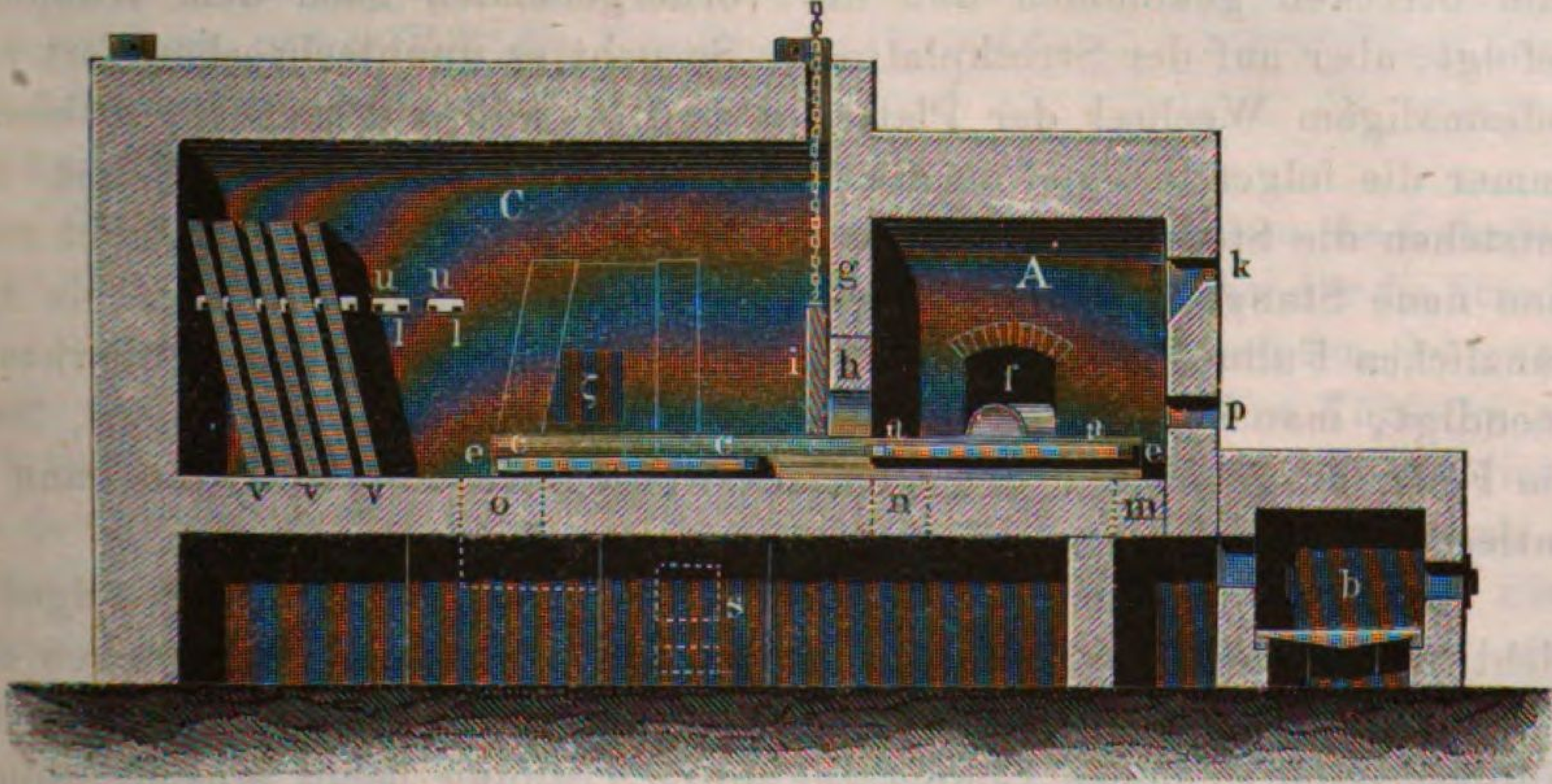
Die Streckplatten *a* und *c*, in eiserne Rahmen gefasst, sind auf dem schweren eisernen Schienenpaar *e e* verschiebbar, und zwar so, dass *a* auf Streckofen mit verschiebbaren Platten.

Fig. 89.



dem obern Falz von *e*, *c* auf dem untern Falz, also eine Platte über der andern hergleitet. Dieser Anordnung wegen ist die Streckplatte *c* schmäler als die Platte *a*.

Fig. 90.



Ist der Ofen angeschürt und die gehörige Temperatur erreicht, so schiebt der Gehülfe drei Walzen *f*, *f*, *f* auf den Eisenschienen *y*, *z* ein. Sobald die vorderste der Erweichung nahe gekommen, fasst sie der vor *q*

Streck-arbeit.

stehende Strecker mit der Stange *t* und hebt sie auf die Streckplatte *a*, den Spalt nach oben; bis er sich von *q* um die Ecke herum nach *p* begeben, ist die Walze auf der Streckplatte *a* vollständig erweicht, der Spalt öffnet sich, die Ränder weichen auseinander. Durch einige Nachhülfe mit der Krücke legt sie sich vollends flach und wird nun mittelst Ueberfahren mit der Krücke nach allen Richtungen geebnet und geplättet. Dabei sieht der Strecker durch das Schauloch *k* über der Oeffnung *p*. Sobald der Strecker damit zu Stande gekommen, schiebt er die Platte *a* sammt der gestreckten Tafel in den Kühlofen und zieht die inzwischen ledig gewordene Streckplatte *c* aus dem Kühl- in den Streckofen; er bedient sich dabei einer langen Eisenstange, deren hakenförmig umgebogenes Ende in die Oesen *w* der Streckplatten passt. Während des Wechsels derselben lüftet der am Kühlofen aufgestellte Arbeiter den Schieber *i i* soviel nöthig und lässt ihn sogleich wieder nieder. Die gestreckte Tafel liegt nun am vordern Ende des Kühlofens, gegenüber der Arbeitsöffnung *ζ*. Der dort stehende Arbeiter erblickt die Tafel in einer andern Ansicht und Beleuchtung als der Strecker bei *p*, dadurch wird es ihm möglich, einzelne Unebenheiten zu unterscheiden, die jener nicht wahrzunehmen vermochte. Nachdem er diese mit einer Holzkrücke, ganz wie die des Streckers, erforderlichenfalls nachgeholt, ist die Tafel alsbald so weit erstarrt, dass sie sich ohne Verbiegung aufnehmen lässt. Er fährt zu dem Ende mit einer flachen dünnen Gabel unter die Platte, fasst sie mit dieser und einer dagegen gehaltenen Eisenstange und lehnt sie stehend gegen die durch die schmalen Oeffnungen *u*, *u* in den Seitenwänden des Kühlofens gesteckten Eisenstäbe *l l*. Während dieser Arbeit hat der Gehülfe eine neue Walze in die Röhre *b* geschoben, dadurch ist die zweite Walze *f* in die vorderste Stelle gelangt, hinreichend warm geworden, ebenfalls zum Strecken gekommen und der vorhergehenden nach dem Kühlofen gefolgt, aber auf der Streckplatte *b*. So geht es ununterbrochen fort mit jedesmaligem Wechsel der Platten *a* und *b*, während man im Kühlofen immer die folgende Tafel an die nächst vorhergehende Tafel anlehnt. So entstehen die Stösse *v*, *v*. Wenn diese zu schwer werden, so schiebt man eine neue Stange *l* ein und beginnt einen neuen Stoss u. s. f. bis zur gänzlichen Füllung des Kühlofens. Damit ist die Streckarbeit überhaupt beendigt, man verschliesst und verstreicht sämmtliche Oeffnungen, lässt die Feuer ausgehen und den Ofen erkalten. Nach einigen Tagen kann er entleert werden.

Bei dem Strecken in der beschriebenen Weise kommen noch folgende nicht unwichtige Umstände in Betracht. Entständen beim Sprengen der Walzen Risse mit dicht passenden Fugen, so würden sich diese bei einigermassen zu hoher Temperatur durch Löthung leicht wieder schliessen und das Strecken unmöglich machen; durch das Seite 122 erwähnte Uebereinandergehen der Ränder beim Schlitzen ist diese Gefahr beseitigt. Man erinnert sich ferner (Seite 120,) dass der obere Rand der

Walzen durch Absprengen der Kappe stets scharf und schneidend, der untere dagegen abgerundet und etwas verdickt ist. Strecken:

Die Temperatur im Streckofen ist nicht so hoch, dass sich scharfe Kanten abstumpfen; jede gestreckte Tafel hat daher an der einen Langseite eine scharfe, an der andern Langseite eine abgerundete Kante. Beim Aufrichten der Tafeln im Kühlofen würde es nicht gelingen von der scharfen Kante; man kann nur von der abgerundeten Kante aus mit der Gabel unter die Tafel gelangen. Diese Kante muss daher stets nach der Seite der Thür des Kühlofens (also nach links in Fig. 80) gerichtet sein. Ferner pflegt man, weil die Tafel *a* breiter, die Tafel *b* schmäler ist, dem entsprechend zweierlei Walzen, kürzere und längere zu fertigen und ist daher beim Strecken abwechselnd eine lange und eine kurze Walze einzuschieben. Weiterhin ist man darüber niemals sicher, dass die im Streckofen aufgerichteten Tafeln hinreichend starr sind, um sich völlig gerade zu halten; aus dieser Ursache lehnt man die Glastafeln nicht unmittelbar gegen die Eisenstange *l* im Kühlofen, sondern setzt jedesmal einen Eisenrahmen zwischen diese Stangen und den daran lehnenden Stoss von Glastafeln. Endlich hat der Strecker abwechselnd auf einer höhern und einer tieferliegenden Fläche zu strecken.

Nachtheile der üblichen Art;

Man hat gegen das beschriebene Streckverfahren mehrere und zwar begründete Einwände geltend gemacht: Unterbrochene von der Geräumigkeit des Kühlofens abhängige Arbeit; die Nothwendigkeit, von zweierlei Walzen verschiedener Länge; ungleiche Höhenlage als unbequem und unsicher für die Arbeit; endlich und hauptsächlich die schwerfällige Bewegung der Streckplatten. Sie ist eine Folge von der Schwere der Platten mit ihren eisernen Rahmen und der Rauheit der Schienen durch Glühspahn u. s. w.; die Platten gehen daher mit Geräusch und Erschütterung des Ofens hin und her. Diese Erschütterung schadet der Festigkeit des letztern, namentlich des Gewölbes und verursacht das Herabfallen von Thonbröckchen, Körnern, Sand u. s. w. auf die Glastafel, die sie festklebend oder sonst beschädigen.

Nach Chance;

Um die Streckplatten auf gleiche Höhe zu bringen, haben die Gebrüder Chance eine vielfach gebrauchte Einrichtung angegeben, bei der die Streckplatten nicht über-, sondern neben einander auf zwei parallelen Schienengeleisen laufen. Die gestreckte Tafel wird zurück nach dem Kühlofen geschoben, auf eine zweite Streckplatte zur Seite übergehoben und mit dieser in den Kühlofen befördert. — Einen ruhigern Gang hat man dadurch zu erzielen gesucht, dass man die Streckplatten auf Rollen laufen liess. Sind diese Rollen zu niedrig, so erfüllen sie ihren Zweck unvollkommen, sind sie hoch, so bedingen sie eine nachtheilige Höhe des Ofens.

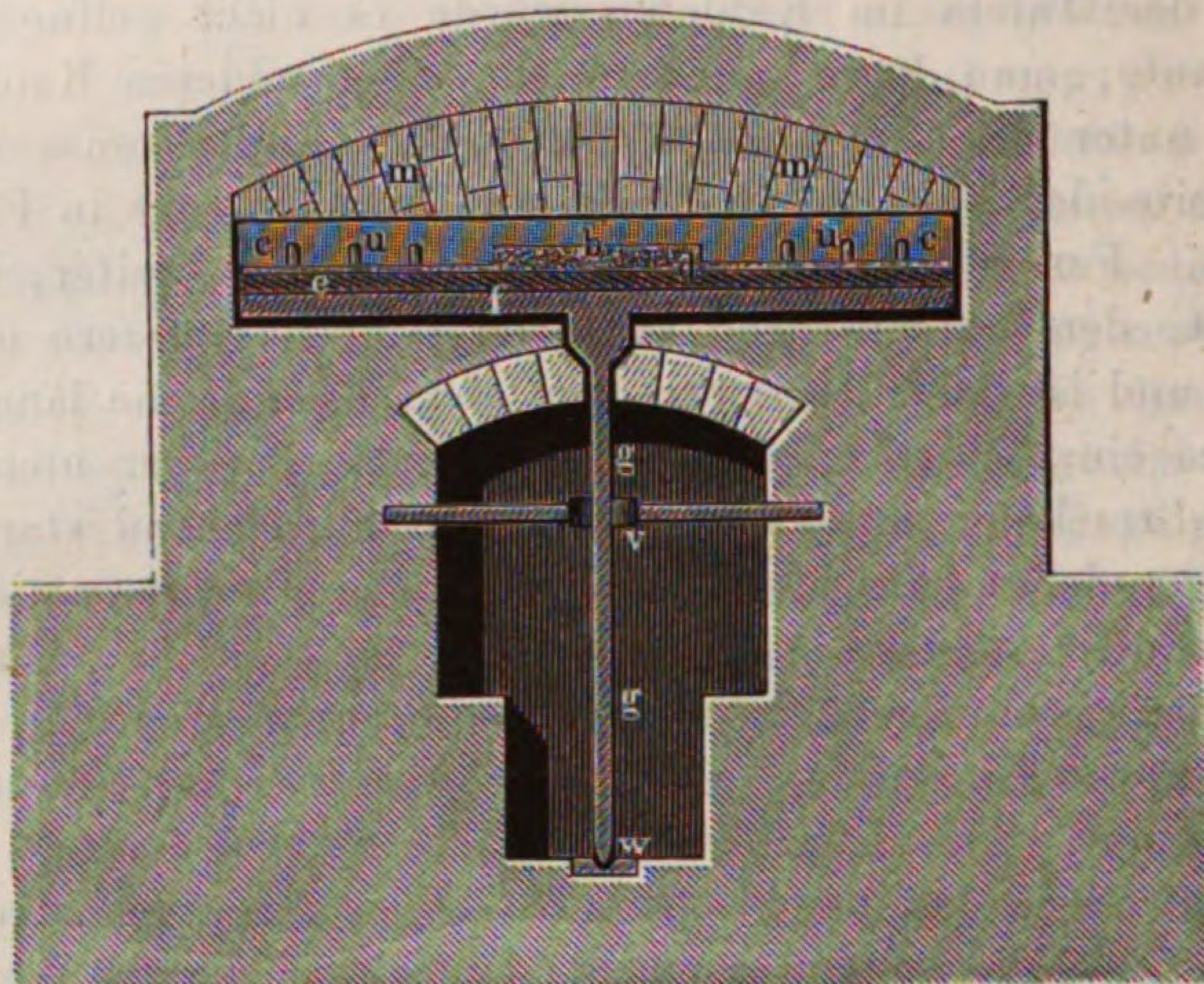
mit Drehscheibe.

Ruhigern Gang und das Arbeiten mit gleichlangen Walzen bezweckt der Streckofen mit der Drehscheibe Fig. 91 und Fig. 92 a. f. S. *A* ist die Drehscheibe, d. h. ein kreisrunder, auf einem eisernen Gerüst drehbarer Theil der Ofensohle, der sich in einem entsprechenden Ausschnitte der feststehenden Sohle *B*, *B* bewegt und zwar so dicht anschliessend als

Strecken: mit Drehscheibe.

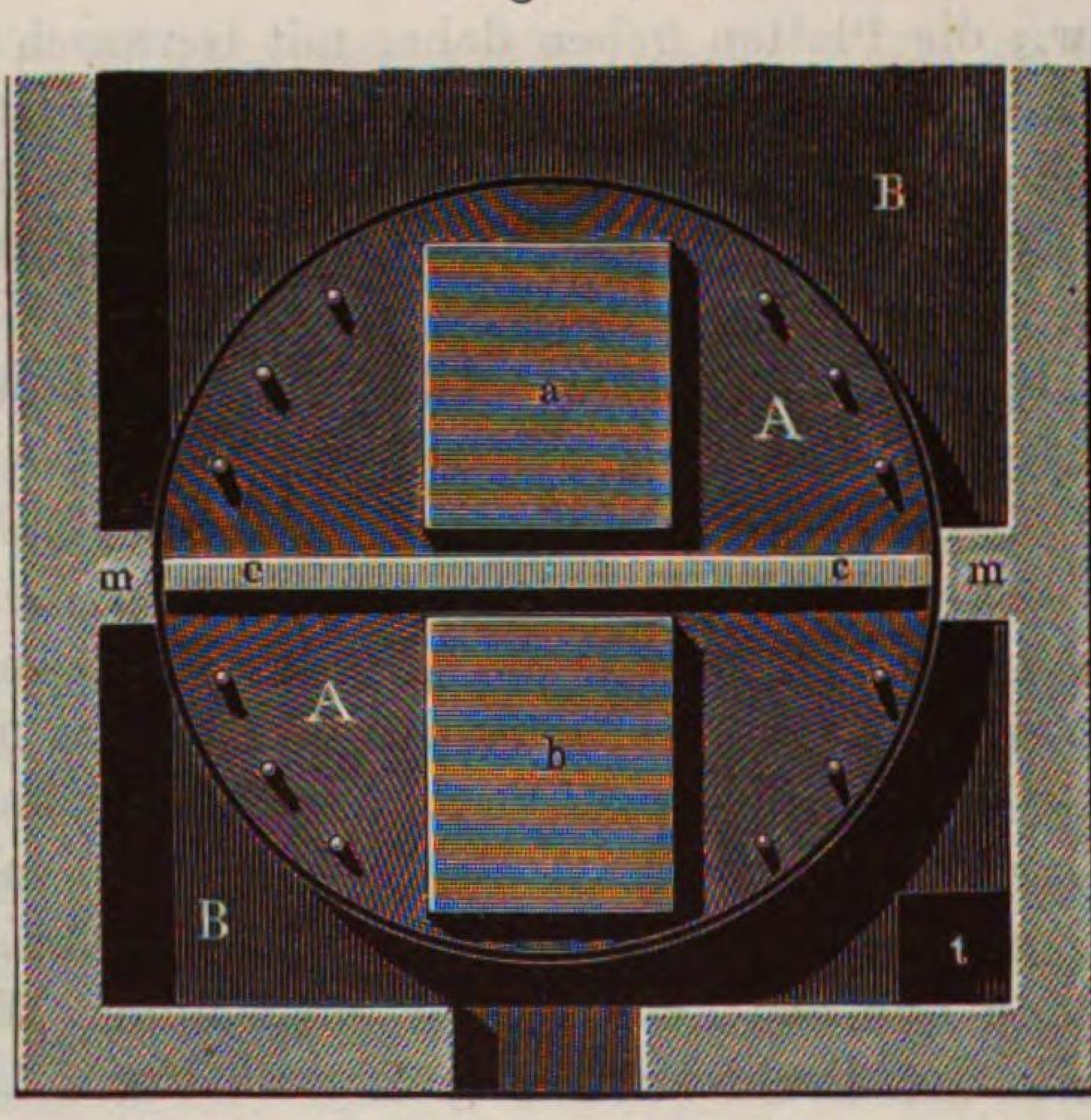
ohne Reibung möglich. Auf der Drehscheibe einander gegenüber befinden sich die festliegenden Streckplatten *a* und *b* und zwischen diesen hindurch läuft eine etwa drei Zoll hohe Leiste *c c* von feuerfestem Thon. Gerade über dieser Leiste ist die Scheidewand *m m*, welche den Kühlofen

Fig. 91.



vom Streckofen trennt; beide ebenfalls so dicht zusammenpassend, als ohne Reibung möglich. So schliesst bei der in der Abbildung festgehaltenen Stellung der Drehscheibe die Leiste *c c* bis auf eine schmale Fuge an die

Fig. 92.



Zwischenmauer *m m* an. Sie bilden eine gemeinschaftliche Scheidewand, während die Streckplatte *a* in dem Kühlofen, die Streckplatte *b* in dem

Streckofen liegt. Ist eine Tafel auf *b* gestreckt, so genügt eine halbe Umdrehung der Drehscheibe, um *b* mit der gestreckten Tafel in den Kühlofen und die Platte *a* in den Streckraum zu befördern, während die Leiste der Drehscheibe und die Zwischenmauer *m m* wieder in Anschluss kommen, wie vorher. Die nächste Walze wird dann auf *a* gestreckt, durch abermalige Drehung wieder gewechselt u. s. f. — Die nähere Einrichtung der Drehscheibe ist folgende: Die starke, stehende Welle *g* in der Spur *w* und dem Lager *v* laufend, trägt zu oberst eine Ausbreitung von starken Speichen *f*, darauf die gusseiserne Platte *e* und auf dieser einen dicken Beschlag aus Thon mit Sägespähnen. An dem Umfang der gusseisernen Platte sind eine Anzahl aufrechtstehender eisernen Zapfen *u*, *u* angebracht, die zwei Zoll über den Thonbeschlag hervorragend dazu dienen, die Drehscheibe in Bewegung zu setzen, indem der Strecker seine Krücke an die Zapfen anstemmt. Man sieht, dass Spur und Lager der Drehscheibe mit Bedacht unter die Sohle des Ofens, völlig ausserhalb der Wirkung des Feuers gelegt sind, also ohne allen Anstand in Schmiere erhalten werden können. Der Gang der Drehscheibe ist daher leicht, ruhig und stetig, wie es der Zweck war, und der Grund zu Streckplatten ungleicher Breite auf ungleicher Höhe beseitigt. Strecken: mit Drehscheibe.

Die beschriebene Art, die Drehscheibe zu bewegen, ist nur die einfachste aber keineswegs die einzige: Radkränze über der Spur der Welle *g* zum Treiben mit den Füssen; Getriebe mit Handspeichenrädern an der Aussenseite der Oefen zum Treiben von Hand sind ebenso gewöhnlich. Ferner hat man Drehscheiben mit vier Streckplatten statt mit zweien.

Ein Hauptübelstand bei der Drehscheibe ist ihre allzugrosse Breite; sie erfordert zu viel Raum, mehr als die Schienen im vorigen Fall. Die Feuergänge mit den Füchsen, durch welche das Feuer in den Streckraum eintritt, werden allzusehr nach der Seite gedrängt, es kommen die Streckplatten zu weit vom Feuer zu liegen und ist die gleichmässige Erhitzung des Streckofens sehr erschwert. Nachtheile.

Mit den Verbesserungen in der Bewegung der Streckplatten und deren Anordnung sind andere mit den Streckofen verbundene Nachtheile nicht gehoben, so namentlich die Nothwendigkeit des unterbrochenen Betriebs. Sobald der Kühlofen mit Glastafeln besetzt ist, muss mit Strecken aufgehört werden. Der Streckofen erkaltet mit dem Kühlofen und muss das nächste Mal unter Verlust an Zeit und Arbeit wieder frisch angeheizt werden. Bei ausgedehnterm Betriebe ist man aus diesem Grunde gezwungen, mehrere Strecköfen anzulegen, obwohl ohne die Verbindung mit dem Kühlofen ein einziger ausreichen würde. Es besteht mit anderen Worten das Bedürfniss, die Arbeit des Streckens von dem Bann des Kühlofens zu erlösen, eine Aufgabe, die man nach verschiedenen Seiten versucht hat. Neuere Vorschläge.

Patoux stellt in dem Kühlofen einen Kasten von Gusseisen mit acht Abtheilungen auf, der um eine senkrechte Welle drehbar und von oben mit Steinen überwölbt ist. Man streckt wie gewöhnlich und trägt die Patoux's Kühlofen.

Strecken: Neuere Vorschläge; gestreckten Tafeln zu einem Stoss von etwa zwanzig Stück in die erste Abtheilung ein. Nach einer Achteldrehung empfängt die zweite, nach einer weitern Achteldrehung die dritte Abtheilung einen Stoss Tafeln u. s. f. bis alle acht Abtheilungen gefüllt sind. Im Verlauf dieser Drehungen kommen die einzelnen Abtheilungen in immer kühlere Regionen. Wenn die erste Abtheilung um sechs Stellen vorgerückt, also in die vorletzte Stellung gekommen, ist sie mit der Oeffnung gerade vor der einen Seitenwand des Streckofens. Man öffnet nun in der entsprechenden Thür erst einen kleinen Schieber, um die Tafeln völlig abzukühlen, dann die ganze Thür, um die Abtheilung zu entleeren. Bei der nächsten Achteldrehung kommt diese Abtheilung in die letzte Stellung und damit wieder in die heisse Region, wo sie die erforderliche höhere Temperatur wieder annimmt, und kehrt endlich von da wieder in ihre anfängliche Stellung vor den Zugang zum Streckofen, wo sie aufs neue gefüllt wird. Ebenso geht es mit jeder der übrigen Abtheilungen. Diese Anordnung von Patoux hat nicht viel Anwendung gefunden, vermuthlich weil die Kühlung der Tafeln nicht zufriedenstellend war.

Kanalofen. Mehr Anklang, aber eben so wenig allgemeine Aufnahme, hat der Gedanke gefunden, die stetige Arbeit mittelst fortlaufender Kühlung durch einen langgestreckten Kanal als Kühlofen zu erreichen, der so geheizt ist, dass seine Temperatur von einem zum andern Ende stetig abnimmt. Durch diesen Kanal geht das gestreckte Tafelglas auf kleinen Wagen, oder vielmehr auf Platten mit Rollen hindurch. In dem Masse als die Streckarbeit fortschreitet und eine nach der andern dieser rollenden Platten beschickt wird, rücken diese in dem Kanal von dem heissen Ende nach dem entgegengesetzten vor, bis sie dort abgekühlt anlangen und herausgenommen werden können. Die entleerten Rolltafeln gehen alsdann im Kanal wieder rückwärts an den Ausgangspunkt, um aufs neue beschickt zu werden. Zwei in dem Kanale neben einander herlaufende Rollbahnen vermitteln diese Bewegung. Diese Art von Kühlung mit ununterbrochenem Gang ist schon 1828 in Frankreich durch Bontemps versucht und zwar vom Hohlglas, wo sie vorher im Gebrauch war, auf das Tafelglas übertragen worden. In Deutschland ist sie später durch Poschinger in Anregung gekommen. Bontemps hatte zwischen dem Streckofen und dem Kanal noch einen eigenen Kühlofen beibehalten. In Poschinger's Einrichtung ist dieser Kühlofen ganz unterdrückt, das Tafelglas gelangt aus dem Streckofen unmittelbar in den Kanal zum Kühlen. Der Erfolg der Kühlung nach dieser Art setzt selbstverständlich eine bestimmte und zwar beträchtliche Länge von etwa 12 Metern der zum Kühlen dienenden Kanäle voraus; der Bau ist deshalb sperrig und beansprucht sehr viel Raum. Nicht minder schwierig zu handhaben und durchzuführen ist die Heitzung desselben im Sinne der gleichmässigen Temperatur in jedem Theil der Längenerstreckung und einer gleichmässigen Abstufung durch dieselbe. Endlich bietet der Kanalofen zu viel Gelegenheit zum Eindringen kalter Luftströme von aussen, welche

dem Zweck der Kühlung geradezu entgegenwirken. Aus diesen Gründen haben manche Fabrikanten andere Constructionen den Kanalöfen vorgezogen.

Strecken: Neuere Vorschläge; Dillinger's.

Dillinger hat ihn in Bezug auf den zuletzt genannten Uebelstand dahin abgeändert, dass die Tafelstösse mit dem Eintritt in den Kühlofen in dicht verschlossenen gusseisernen Kästen auf Rollen eingeschichtet liegen, die als eine Art beweglicher kleiner Kühlöfen Schutz gegen schädliche kalte Luftströmungen gewähren. Das Füllen dieser Kühlwagen, deren sieben sein müssen, nimmt eine Stunde, das Kühlen fünf Stunden in Anspruch. Insofern neben dem Streckofen noch ein eigentlicher Kühlofen, dann ein nicht erhitzter Kühlraum für die Kühlwagen, endlich ein Anwärmeofen für die entleerten und kalt gewordenen Kühlwagen erforderlich, ist das Ganze der Streckeinrichtung zu verwickelt.

Mit der Anwendung der Kühlkanäle ist zugleich ein besonderer nicht unwichtiger Umstand verbunden: die in Stössen von 12 bis 20 Stück aufgeschichtete Tafeln befinden sich nicht mehr aufrecht und freistehend im Kühlraum, sondern gehen liegend auf den Rollplatten durch denselben. Wenn damit auch die Möglichkeit des Durchbiegens wegfällt, so ist diese Abänderung nicht reiner Vortheil, stehende Tafelstösse werden immer gleichmässiger verkühlen, bei liegenden werden die oberen Tafeln ungleich rascher ihre Wärme abgeben, die unteren der heissen Rolltafel ausgesetzten werden zurückbleiben. Die Kühlung wird im Allgemeinen verzögert, weil sie sich nicht bloss auf das Glas, sondern auch auf die Rollplatten zu erstrecken hat. Endlich kann die Schwindung der einzelnen Tafeln im liegenden Stosse sicherlich nicht so frei und ungehindert von statten gehen als im stehenden.

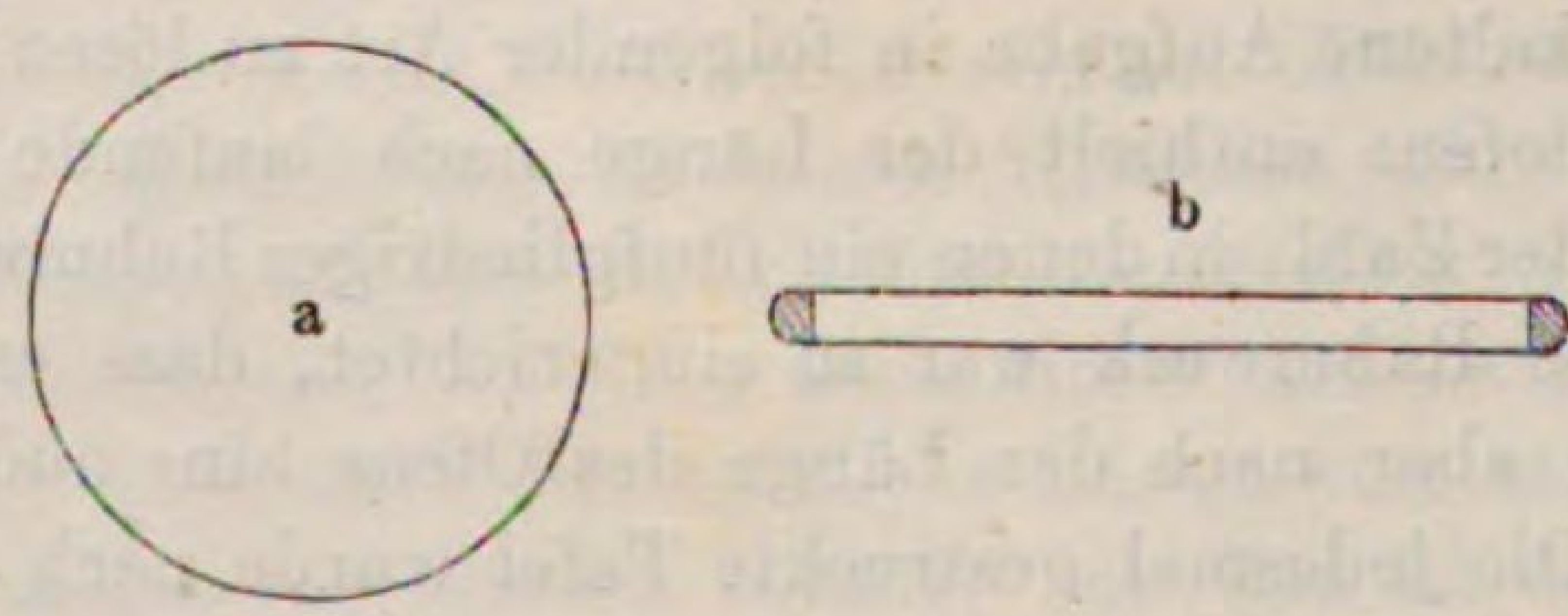
Diese Betrachtung führt auf eine dem herrschenden Streckverfahren überhaupt anklebende Unvollkommenheit, denn als solche muss das Kühlen von in Stössen geschichteten Tafeln doch betrachtet werden. Eine einzelne Tafel würde nicht nur in kürzerer Zeit, sondern auch mit einem den Zwecken des Kühlens entsprechendern Erfolge zu kühlen sein, als dies bei einem ganzen Stoss von Tafeln der Fall ist, zumal von Tafeln aus einem so ausgezeichnet schlechten Wärmeleiter wie das Glas. Bievez suchte die in dieser Thatsache enthaltene Aufgabe in folgender Art zu lösen: die Sohle des kanalartigen Kühlofens enthielt der Länge nach laufende parallele Einschnitte, fünf an der Zahl, in denen ein fünfgliedriges Rahmwerk mit Rollen versenkt lag. Das Rahmwerk war so eingerichtet, dass es gehoben und gesenkt, zugleich aber nach der Länge des Ofens hin- und hergeschoben werden konnte. Die jedesmal gestreckte Tafel wurde nach dem Erstarren auf die Ofensohle abgelegt, da wo diese an den Streckofen stösst. Sie blieb daselbst liegen, bis die folgende Tafel gestreckt war. In diesem Zeitpunkt wurde die Tafel durch Hebung des Rahmwerkes von der Sohle aufgehoben, durch Vorwärtsschieben des Rahmwerkes um ihre Länge vorgeschoben, endlich durch Niederlassen desselben auf die zweite Stelle der

Bievez's.

Strecken: Ofensohle abgelegt. Damit war die erste Stelle für die zweite Glastafel frei. So schritt man, indem jede Tafel neunmal ihre Stelle wechselte, zu zu immer kühleren Stellen des Ofens fort. Von der letzten Stelle konnte sie dann als fertig gekühlte Tafel aus dem Ofen genommen werden. — Bontemps machte den Vorschlag, die Tafeln in einem dem Poschinger'schen ähnlichen Ofen einzeln auf mit Drahtgewebe überzogenen und auf Rollen laufenden Rahmen durch den Kühlofen zu fördern. — Auch Chance hat eine Einrichtung angegeben, bei welcher die Tafeln auf eine Drehscheibe (ähnlich wie die im Streckofen von Patoux) aber auf radial ausgespannten Drähten einzeln liegend gekühlt werden.

Sonstige Methoden. Keiner dieser Wege, die gestreckten Tafeln einzeln durch den Kühlraum zu führen, statt in Stössen, hat sich als praktisch durchführbare Form bewährt. Ebenso wenig, oder noch weniger, gilt dies für die Bestrebungen, das eigentliche Strecken auf der Streckplatte mit der Krücke durch andere Mittel zu ersetzen. Versucht ist dies auf zweierlei Weise. E. G. Jones lässt sich die Walze, wie bei dem bisherigen Verfahren, auf einer Platte des Streckofens öffnen, fasst die eine Kante mittelst einer eigens dazu eingerichteten Zange und hängt sie an eben dieser Zange an einem aufrechtstehenden auf Rollen verschiebbaren Rahmen auf. Indem nun dieser Rahmen aus dem Raum zum Oeffnen der Walzen in einen anstossenden Flammofen geschoben wird, erweicht die Tafel völlig und streckt sich durch ihre eigene Schwere, wie ein Vorhang herabhängend, zu einer Tafel. Gewiss kann Glanz und Reinheit der Tafel nicht besser geschont werden, als bei dieser Art zu strecken, aber ob die Tafeln auch hinreichend eben erfolgen, ist eine andere Frage. — Ganz anders, aber noch origineller, ist die Streckung nach P. Walter. Er lässt die nicht geschlitzte Walze im Feuer erweichen und schiebt der Länge nach einen eisernen mit zwei anliegenden beweglichen Rippen von gleicher Länge versehenen Stab ein. Durch eine ähnliche mechanische Vorrichtung wie beim Aufspannen der Regenschirme gebräuchlich, lassen sich diese Rippen in entgegengesetzter Richtung, aber einander parallel, von einander und von dem Stab entfernen. Die Walze *a* (Fig. 93) nimmt

Fig. 93.



dadurch, indem sie der Bewegung der Rippen im weichen Zustande nachgiebt, die Form *b* an. Sie bildet dann zwei an den Kanten verbundene Tafeln, die nach dem Kühlen mit dem Diamant auseinander geschnitten werden.

Die Fehler des Tafelglases sind mancherlei und zwar theils solche, die schon vom Schmelzen herstammen und von unvollkommener Läuterung, wie Körner, Blasen, oder von fehlerhafter Mischung des Glases, wie Neigung zu vergilben, Nachdunkeln von violett; theils solche, die vom Ausarbeiten herrühren, so gewisse andere Blasen, Rampen, Schlieren, Winden; theils endlich vom Strecken verursachte. Dahin gehören Verletzungen der Oberfläche, Ritzen, mangelhafter Spiegel, anklebende Körner vom Gewölbe des Ofens herabgefallen, wellige Beschaffenheit, die fast nie gänzlich zu vermeiden ist, und Fehler, die mit Entglasungserscheinungen zusammenhängen. Solche sind die Krätze, einzelne weisse Punkte, die eine fühlbare oft Farben spielende Erhabenheit bilden und unter Vergrösserung als Eisblumen, als sechsseitige Tafeln oder Sterne erscheinen. Tafelglas: Fehler;

In vielen Fällen ist die Eigenschaft des gewöhnlichen Tafelglases, beim Durchsehen jeden Gegenstand in seiner vollen Form erkennen zu lassen, geradezu störend; es ist ein häufiges Bedürfniss, Räume durch Glasfenster zu erhellen, ohne dass diese einen Einblick ins Innere gestatten. Dieser Zweck wird einerseits dadurch erreicht, dass man den Scheiben statt der Form ebener Tafeln die Form von gewölbten oder gerippten Tafeln giebt, andererseits indem man sie mit einem durchscheinenden aber undurchsichtigen Ueberzug versieht, der dann nach bestimmten Mustern aufgetragen wird, „*Mousselinglas*".

Gewölbte Tafeln erzeugt man durch Strecken auf einer vertieften Strecktafel, also in ähnlicher Weise wie die flachen Uhrgläser. Gerippte Tafeln erhält man häufig schon beim Blasen der Walzen. Wenn das aufgenommene und etwas aufgeblasene Glas bis zur Form Fig. 94 vorgeschritten ist, senkt man dasselbe in die gerippte Messingform Fig. 95 und Fig. 96, und bläst mit voller Kraft in die Pfeife, bis der Glasballon in alle Vertiefungen der Form eingedrungen. Es folgt dann Geripptes.

Fig. 94.



Fig. 95.

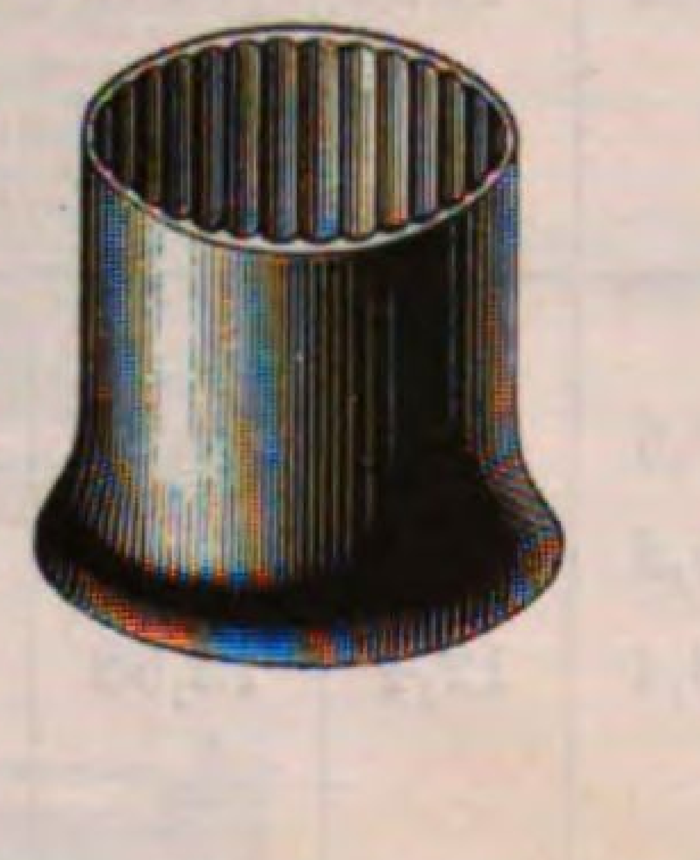


Fig. 96.



das weitere Ausarbeiten der Walze wie gewöhnlich; dabei flachen sich die anfänglich etwa 1 Centimeter starken Rippen allmählich bis auf den gewünschten für den Zweck hinreichenden Grad ab. Nur hat der Bläser seine Aufmerksamkeit darauf zu richten, dass das Glas sich während der Arbeit nicht windet, wodurch die Rippen eine Schraubenform annehmen. Auch durch Pressen zwischen gerippten eisernen Platten, oder Durchlassen

der Tafeln zwischen gerippten mit Wasser getränkten Holzwalzen, verfertigt man diese Gattung Tafelglas.

Mousselinglas.

Bei dem Mousselinglas ist der Ueberzug ein gepulverter Email aus Sand, Potasche, Mennige, Borax und Zinnoxyd als trübende Substanz. Dieser Email ist um Vieles leichtflüssiger, als das Tafelglas und wird unter einer Muffel eingebrannt, d. h. erhitzt, bis er mehr oder weniger schmilzt und anhaftet. Das Auftragen geschieht so, dass man zuerst die ganze Oberfläche der Tafel gleichmässig mit einem Anstrich aus jenem Emailpulver und schwacher Gummilösung überzieht und trocknen lässt. Indem man nun auf den getrockneten Anstrich eine Chablone mit dem gewünschten Muster legt und mit einer scharfen Bürste das Aufgetragene in den freien Stellen wegbürstet, entsteht das Muster. Eine feinere Art dieses Glases erhält man durch Abdrucken von in Leinöl getränktem Tüll auf die Tafel und Aetzen mittelst Flusssäure. Der Grund wird dadurch matt, während die mit Fett geschützte Zeichnung durchsichtig erscheint.

Farbiges Tafelglas.

Auch aus farbigem Glas werden Tafeln mit oder ohne Ueberfang hergestellt und ist heutzutage ein starker Verbrauch davon. Davon wird bei dem Buntglas die Rede sein. Hier mag nur bemerkt werden, dass Glas zu Treibhausfenstern zweckmässig mit etwas Kupferoxyd blass gelbgrün gefärbt wird. Solches Glas lässt alle wirksamen Lichtstrahlen, aber nicht alle Wärmestrahlen durch, unter deren Einfluss die Gewächshauspflanzen im Sommer oft leiden.

Chemischer Bestand des Tafelglases.

Der chemische Bestand des Glases erweist, dass man allerorten auf Mittelverhältnisse zurückgekommen ist, die um geringe Unterschiede schwanken; so in den folgenden Beispielen:

	Peligot		Cowper			Benrath	
	Französisches Tafelglas		Tafelglas von Chance; Birmingham			Tafelglas von der Rhenania; Stolberg	Tafelglas von Gerard; Charleroi
Kieselerde	71,9	69,6	71,4	70,71	72,50	71,56	73,11
Natron	13,1	15,2	15,0	13,25	12,45	12,97	13,00
Kalk	13,6	13,4	12,4	13,58	13,26	13,27	13,24
Thonerde u. Eisenoxyd	1,4	1,8	0,6	1,92	1,93	1,29	0,83
	100,0	100,0	99,4	99,46	100,14	99,09	100,18

Auffallend ist bei diesen Analysen, dass das von Pelouze in den Tafelgläsern aus Glaubersalz als nie fehlenden Bestandtheil gefundene schwefelsaure Natron nirgend erwähnt wird.

Chemischer Bestand.

Den schädlichen Einfluss von fehlerhaften Verhältnissen des Satzes zeigen nachstehende Analysen von zwei Gläsern sehr deutlich, welche die Eigenschaft sich beim Erwärmen zu trüben und oberflächlich abzublättern in hohem Grade besassen; Nro. II. war schon mit trüben Flecken behaftet.

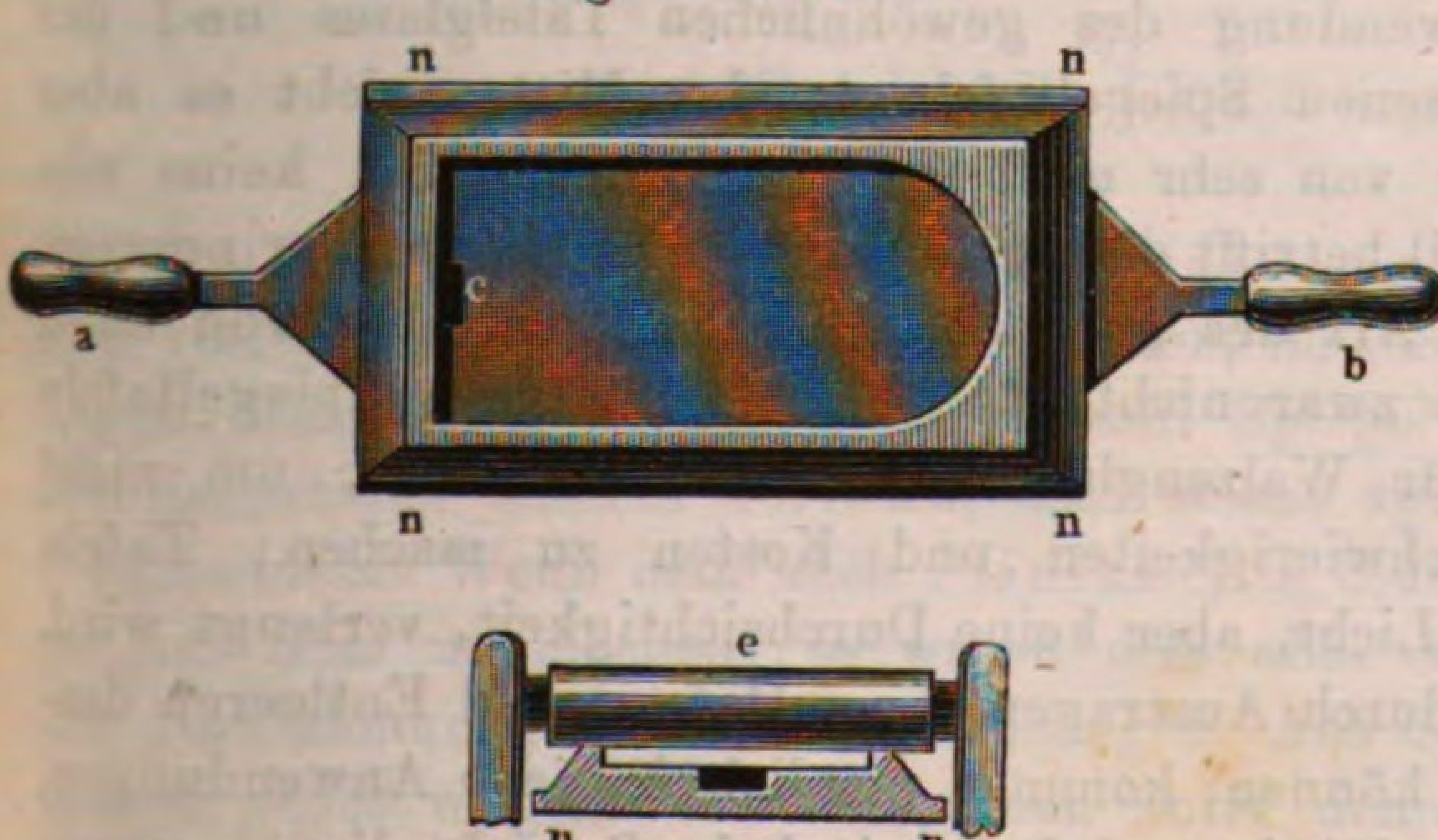
	Vogel und Reischauer	
	I.	II.
Kieselerde	64,04	66,47
Kali	20,64	18,79
Natron	4,94	5,61
Kalk	7,80	5,60
Thonerde, Eisenoxyd . .	1,69	3,10
	99,11	99,57

Der niedere Kalkgehalt bei dem hohen Gehalt an Alkali, ist das Missverhältniss, von welchem die schlechten Eigenschaften des Glases herrühren.

Glasziegel.

Wenn das Tafelglas in der Schmelze misslingt und fortgesetzte Läuterung keine Aussicht gewährt, dasselbe zum Blasen von Walzen geeignet herzustellen, wie dies zuweilen geschieht (namentlich, wenn es beim Ausarbeiten hartnäckig blasig wird) sucht man es zu Glasziegeln zu verwerthen. Solche Glasziegel sieht man oft unter die gewöhnlichen Ziegel eingezogen als kleine Oberlichter für Dachkammern. Ein Arbeiter nimmt auf dreimal die nöthige Menge Glas auf die Pfeife, lässt es das letztemal so heiss werden, dass er es nur durch raschen Umlauf der Pfeife an dieser erhalten kann, schränkt es mit einigen geschwinden Griffen und lässt es dann unter einer schüttelnden Bewegung auf die bereitstehende Form von Gusseisen, *n n*, Fig. 97 a u. b, ablaufen. Sobald dies geschehen, schneidet ein Gehülfe den letzten Faden ab, während ein zweiter die Walze *e* darüber laufen lässt, Fig. 98. Durch Umdrehen der Form an den beiden Griffen *a* und *b* löst sich der Ziegel, den man nach dem Abbrechen der Nähte auf einer Schaufel zum Kühlofen schafft. Die Vertiefung *c*

Fig. 97 a und b.



formt die Nase des Ziegels zum Befestigen an den Dachsparren. Solche Glasziegel werden auch in anderen bei den Thonziegeln üblichen Formen geliefert.

Gegossenes Tafelglas.

Allgemeines.

Seit der Einführung der gegossenen Glastafeln zu Spiegeln (wovon im folgenden Abschnitt näheres) hat man angefangen, unbelegte Tafeln der Art, zunächst geschliffen und polirt, als eine Art Luxusglas für Kaufläden, für elegantere Wohnungen, besonders auch in den einzelnen Fällen einzuführen, wo die bei den kleineren geblasenen Tafeln erforderlichen Fensterrahmen hinderlich sind. Diese Anwendung der gegossenen und geschliffenen Tafeln zu Fenstern hat sich inzwischen, namentlich für Schaufenster durch das Aufkommen der Gesellschaften zur Versicherung gegen Bruch, so sehr verbreitet, dass sie aufgehört haben ein Gegenstand des Luxus zu sein und in die Reihe der Bedürfnisse des täglichen Verkehrs eingetreten sind. Hand in Hand damit begann auch der Gebrauch von rohen ungeschliffenen und unpolirten gegossenen Tafeln: zu Oberlichtern für überdeckte Häfen, Eisenbahnhallen und ähnlichen Gebäuden, wo es nur auf reichliches Licht, nicht aber auf deutliches Sehen von Gegenständen jenseits des Glases ankommt. Die Grösse der gegossenen Tafeln, ihre Stärke, die jeder Schneelast widersteht und die mässigen Preise leisteten dieser vortrefflichen Anwendung viel Vorschub. Den Spiegelglasfabriken war die neue Absatzquelle um so willkommener, als sie dabei den Vortheil genossen, die Tafeln mit Fehlern für die Dachbedeckung auszusortiren und nur die reinen Tafeln zum Schleifen und Poliren zu verwenden. Die sogenannten Spiegelfabriken sind heut zu Tage in eben dem Umfange Anstalten zur Erzeugung von gegossenem Fensterglas als von Spiegeln.

„Rolled plate“.

Zwischen der Anwendung des gewöhnlichen Tafelglases und der Anwendung der gegossenen Spiegeltafeln in der Mitte, giebt es aber auch einen dritten Fall von sehr umfassendem Bereich, den keins von beiden deckt. Dieser Fall betrifft das Bedürfniss an Tafeln aus geringerem, billigerem Glas von der Art des gemeinen Fensterglases, aber von einer Grösse und Stärke, die zwar nicht an die der gegossenen Spiegeltafeln heranreicht, dagegen für Walzenglas viel zu bedeutend ist, um nicht unverhältnissmässige Schwierigkeiten und Kosten zu machen; Tafeln endlich, von denen nur Licht, aber keine Durchsichtigkeit, verlangt wird. Spiegeltafeln, die nur durch Austragen eines Hafens und Entleeren desselben gegossen werden können, kommen nemlich für jene Anwendungen, wo auf grösserer Farblosigkeit und Reinheit kein Gewicht liegt, wegen Arbeit und kostspieliger Zurüstungen zu theuer. Eben diese Kosten der Herstellung würden aber auch mit einem geringwerthigen Material, wie Fensterglas, in Missverhältniss stehen, so lange nicht sehr grosse Dimensionen geboten sind. Es handelte sich also um eine Herstellung von Gläsern mittlerer Güte, mittlerer Stärke und mittlerer Grösse, die leichter

und billiger herzustellen als Spiegeltafeln und von grösseren Dimensionen sind als Walzenglas. Ein solches Verfahren ist im Anfang der fünfziger Jahre von M. J. Hartley in England eingeführt und hat sich seitdem auch nach Frankreich verbreitet. Es ist ein vereinfachtes abgekürztes Giessverfahren und liefert eine Waare, die im englischen Verkehr unter der Bezeichnung *„rolled plate“*, in Frankreich *„verres à reliefs“* geht. „Rolled plate“.

Das Glas selbst ist gewöhnliches Tafelglas, in Oefen mit acht sehr grossen, runden, 1,5 Meter hohen Häfen geschmolzen, welche zusammen 180 Centner verkäufliches Glas in jeder Schmelzung liefern, von denen drei in einer Woche, also auch ebensoviel Güsse gemacht werden. Das Giessen geschieht wie bei den Spiegeltafeln (s. u.) aber ohne den Hafen aus dem Ofen zu nehmen und in kleinerem Massstab. Sobald das Glas geschmolzen und blank, schöpft man es aus dem Schmelzofen in grossen von drei Mann geführten Löffeln zu 15 bis 20 Kilogr. auf die Giesstafel. Diese ist weit kleiner als beim Spiegelgiessen, nur 0,75 Meter breit, mit einer Walze zum Ausbreiten des Glases, meist gerippt, oder mit rautenförmigem Muster, letzteres, um die Fehler des Glases weniger bemerklich zu machen. Nach dem Guss und Walzen schwenkt man die drehscheibenartig angelegte Giesstafel um einen rechten Winkel gegen eine Holzbühne auf Rollen, schiebt die Glastafel darauf und fährt sie damit nach dem Kühlofen. Dieser hat im wesentlichen die Einrichtung wie bei Tafelglas und die Tafeln werden stehend geschichtet und gekühlt. Diese Einfachheit der Herstellung, sowie die Art des Glases macht dieses *„rolled plate“* schon billig; nicht minder auch der Wegfall von Schliff und Politur, da man, mit oder ohne Muster dasselbe roh verwendet. Man giesst sie von 2 bis zu 8 Sechszehntelzoll Stärke, weitweitaus am gewöhnlichsten zu 2 bis 3, (entsprechend 3 bis 5 Millimeter) jenes zu 23 Silbergr. 2 Pf., dieses zu 26 Silbergr. 4 Pf. den Quadratmeter.

Spiegelglas.

Im ganzen Alterthume sind nur Spiegel aus Metall, am gewöhnlichsten von Bronze, vorzüglichere von Silber, im Gebrauch gewesen. Neben diesen Metallspiegeln kamen auch wohl Spiegel aus einem schwarzen, obsidianartigen Gestein vor, wie man solche später bei den Peruanern vorgefunden. Wenn man nach Plinius *) in Sidon ersonnen hatte, Spiegel aus Glas zu machen, so waren dies aller Wahrscheinlichkeit nach nur Nachahmungen jener Obsidianspiegel. Aus der Thatsache, dass Glasspiegel sonst nirgend erwähnt, noch unter den Alterthümern vorgefunden worden, ist zu schliessen, dass sie nicht in Gebrauch kamen. Auch in den optischen Schriften vom Ende des 12. und der Mitte des 13. Jahrhunderts ist zwar eingehend von Spiegeln, aber in keiner Weise von Geschichtliches.

*) „— Sidone quondam iis officinis nobili, siquidem etiam specula excogitaverat.“

Geschichtliches.

Glasspiegeln die Rede. Erst in dem 1279 geschriebenen optischen Werke des Franziskaners Joh. Peckham („*Perspectiva communis*") findet sich bestimmte Nachricht über mit Metall belegte Glasspiegel. Ebenso werden seit dem 16. Jahrhundert die alten Nürnberger Glasspiegel — Abschnitte von inwendig mit einer Metallmischung belegter Glaskugeln — erwähnt. In demselben Jahrhundert ist aber auch schon die Anfertigung von Spiegeln der modernen Gattung, also mit Amalgam belegter Glastafeln in Venedig im Gang gewesen. Das eigentliche Alter dieser Erfindung, deren Erzeugnisse bis ins 17. Jahrhundert nach ganz Europa und nach Indien ausgeführt wurden, ist nicht bekannt. Von Venedig ging die Kunst am frühesten nach Böhmen, als Mutter der Fabrikation von Walzenglas über; später und zwar 1665 unter Colbert nach Frankreich.

Damals waren die Glastafeln zu Spiegeln noch ausschliesslich geblasene, d. h. nach Art des Walzenglases erzeugte. Aber in dieselbe Zeit des Ministers Colbert fällt die Erfindung der gegossenen Spiegeltafeln im Jahre 1688 durch den Mechaniker Abraham Thevart in Gemeinschaft mit dem Glasfabrikanten Lucas de Nehou, die erst nach längerer Zeit durch die Verbesserungen von Deslandes lebensfähig wurde. Sie ging schon zu Anfang des vorigen Jahrhunderts nach Oestreich über, wo sie nachmals wieder erlosch, 1773 nach England, zuletzt nach Russland und Deutschland. In der neuesten Zeit hat diese Fabrikation erhöhte Bedeutung und Ausdehnung gewonnen, seit sie der Herstellung nicht bloss von Spiegeln, sondern auch von geschliffenen und ungeschliffenen Tafeln zu Fenstern und Lichtdächern dient.

Mit dem Aufkommen des Giessens hat die Fabrikation von geblasenen Spiegeln grosser Dimensionen (man geht nicht mehr über 2,2 Meter Höhe bei 1,1 Meter Breite) kaum noch eine andere Bedeutung als die einer Probe äusserster Kunstfertigkeit. Anders die kleinen Spiegel für den Kleinverkehr, von den Wandspiegeln von einigen Quadratfussen an, bis zu den Taschenspiegeln von Handgrösse, die zu erstaunlich billigen Preisen, namentlich von Nürnberg-Fürth aus, in den Handel kommen und nur durch Blasen als Walzenglas herzustellen sind. Beide Zweige, diese geblasenen und die grossen gegossenen Spiegel, entsprechen verschiedenen Bedürfnissen, concurriren nicht wesentlich, und bestehen neben einander fort.

Geblasene Spiegel.

Allgemeines.

Die Tafeln zu geblasenen Spiegeln werden der Hauptsache nach mittelst derselben Handgriffe hergestellt, wie das Walzenglas (Seite 118): Blasen eines walzenartigen, hohlen Glaskörpers, Aufschlitzen desselben und Flachlegen im Streckofen. Unterschiede in der Behandlung greifen nur insofern Platz, als die eigentlichen Spiegeltafeln nach dem Strecken geschliffen werden und ein farbloseres Glas voraussetzen. Die Güte und Farblosigkeit des Glases ergiebt sich aus der Reinheit der Zusätze und

gehöriger Anwendung der Entfärbungsmittel; das Glas ist sonst von den besseren Gattungen des Tafelglases nicht verschieden. Besonders zu vermeiden sind Wellen, Schlieren, Körner und dergleichen Fehler, die durch den Beleg später dem Auge sehr auffällig werden. Sorgfältige Läuterung ist daher von Wichtigkeit. — Insofern die Tafeln nach dem Strecken auf beiden Seiten geschliffen werden und dadurch um beiläufig die Hälfte ihrer Glasstärke verlieren, müssen sie von vorn herein um eben so viel dicker gearbeitet sein. Die Walzen sind für gleiches Flächenmass bedeutend stärker und schwerer. Aus demselben Grunde des Schleifens ist die Glätte und Reinheit der Oberfläche beim Strecken nicht nur gleichgültig, sondern eine gewisse Rauheit sogar erwünscht, weil dann die Schleifmittel besser greifen. Man bedient sich deshalb beim Strecken einer eisernen Krücke.

Die „*Walzen*" für Spiegelglas werden in den böhmischen Hütten nicht in Gestalt eines Cylinders, wie bei dem gewöhnlichen Tafelglas, sondern gegen die Kappe hin verjüngt, also etwas kegelförmig geblasen. Das Glas der Walze hat am offenen Ende alsdann bereits die gehörige Stärke der künftigen Tafel, ist dagegen da, wo sich die Walze verjüngt, also gegen die Kappe hin, noch bedeutend stärker. Nach dem Absprengen der Kappe und dem Aufschlitzen, was ebenso geschieht wie beim Tafelglas, folgt das Strecken. Dabei entsteht bei der etwas kegelförmigen Gestalt der Walze durch das Flachlegen zunächst eine Tafel, nicht in Form eines Rechtecks, sondern mehr in der eines Trapezes mit zwei etwas gekrümmten Seiten. Zugleich ist die schmale Seite dicker im Glas als die breite. Diese letztere wird nach dem Flachlegen mittelst Zangen unter Beihülfe der Krücke ausgezogen, bis sie zur Breite der gegenüberstehenden und auf gleiche Glasstärke mit dieser verdünnt ist. Verfahren. Kleine Spiegel;

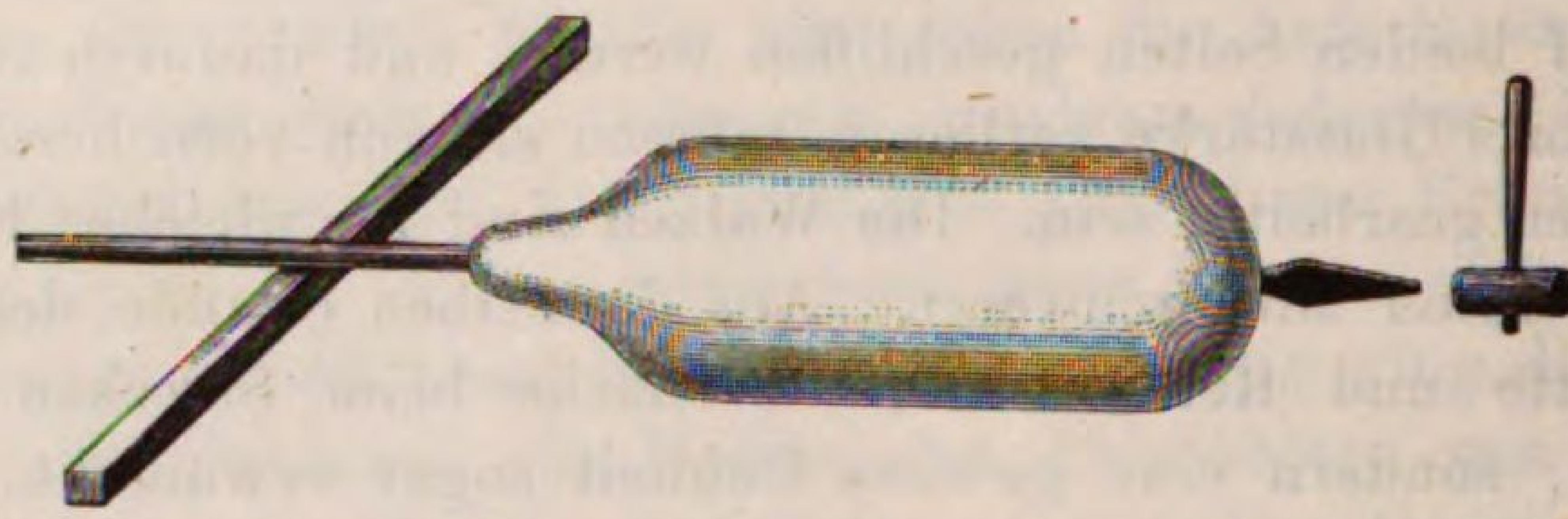
Das Kühlen der so gewonnenen Tafeln erfolgt wieder ganz in der Art, wie beim Tafelglas.

Die Arbeit wird mit der Grösse der Tafeln schwierig und für den Arbeiter in jeder Beziehung anstrengend. Wenn man bedenkt, dass Spiegel von 2,2 Meter Höhe bei 1,1 Meter Breite geblasen werden, dass diese nicht wohl unter 7 Millimeter dick sein können, dass also der Bläser eine Masse von 40 bis 50 Kilogr. Glas an seiner Pfeife handhaben muss, so begreift man, dass die Arbeit mit der Grösse der Tafeln in hohem Grade schwierig und anstrengend wird. Das Verfahren für Spiegel grösserer Gattung ist daher in mehreren Punkten abweichend und eigentlich das ursprüngliche venetianische. — Es pflegen stets mehrere Bläser zusammen zu wirken. Man fertigt zuerst eine Walze an in derselben Form und nach denselben Regeln wie beim Tafelglas, nur von verhältnissmässig grösserer Wandstärke und öffnet diese durch Eintreiben eines spitzen Eisens, Fig. 98 a. f. S. Nachdem die Stelle wieder stark aufgewärmt ist, erweitert man die Oeffnung auf dem Durchmesser der Walze mittelst der Federzange, schlitzt die Walze auf die halbe Länge mit der Scheere auf und befestigt das Hefteisen an dem Rande der offenen Walze. Zu dem Ende hat der Gehülfe vorher am Hefteisen von Grössere Spiegel.

Geblasene Spiegel; grössere.

Glas einen querstehenden flachen Ansatz in Form einer Krücke (Fig. 99, Fig. 100 und Fig. 101) gebildet, der über den Durchmesser der kreisförmigen Oeffnung der Walze angedrückt, an zwei gegenüberstehenden

Fig. 98.



Stellen als Steg haftet. Man schneidet nunmehr die Walze von der Pfeife, erweitert die Halsöffnung mit der Federzange wie vorher, und schlitzt die Walze mit der Scheere auch von diesem Ende aus auf die halbe Länge auf, aber so, dass in der Mitte noch eine kurze Strecke ungeschlitzt bleibt, Fig. 101. Nachdem man die so hergerichtete und inzwischen starr gewordene Walze auf eine Blechschaufel niedergelegt, löst man das Hefteisen durch einen kurzen Schlag und sprengt die Walzen in der Mitte vollends auf durch den Schlag eines kantigen Holzes von innen nach aussen. Bei der für grosse Spiegel unerlässlichen Dicke würde nemlich das Sprengen der kalten Walze mit dem glühenden

Fig. 99.

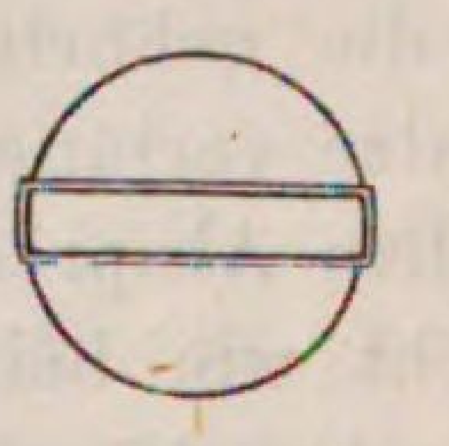
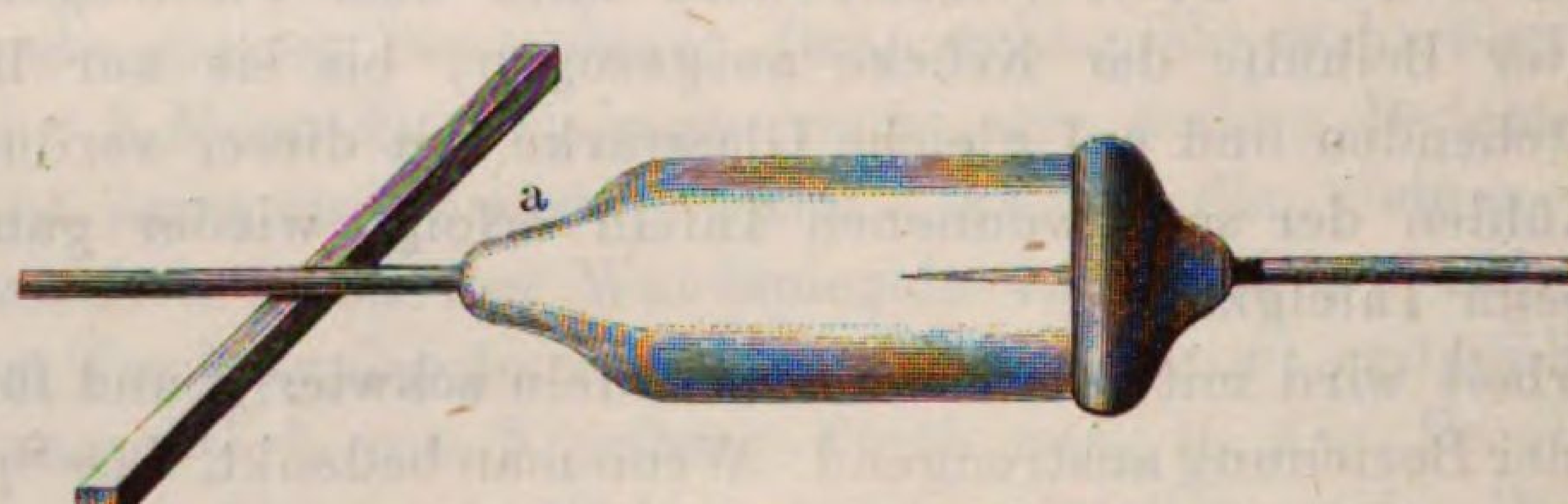
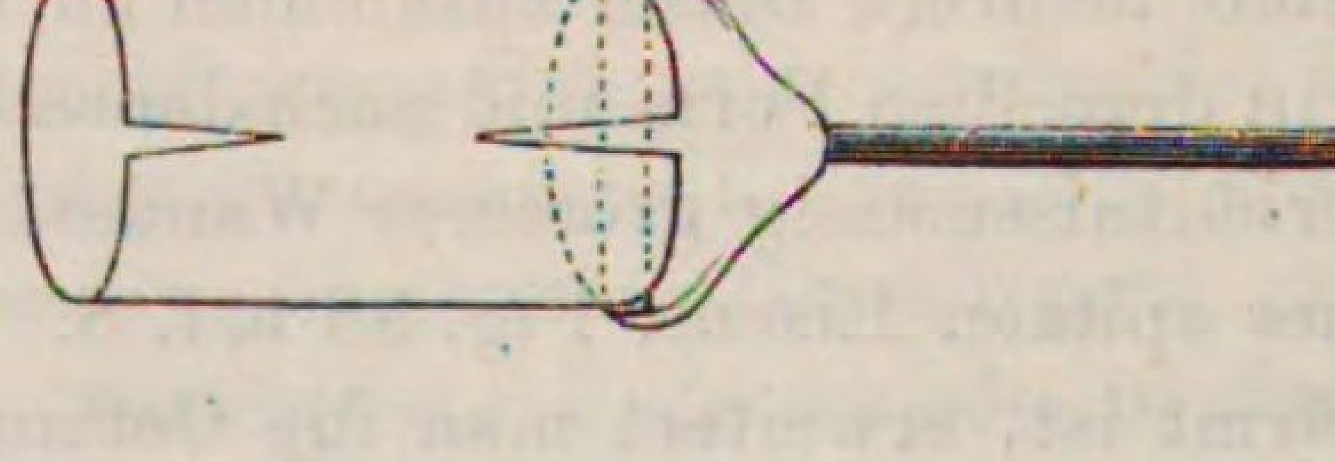


Fig. 100.



Kolben zu unsicher sein. Die aufgeschlitzte Walze wird auf der Blechtafel, auf welcher sie sich schon etwas auseinanderbiegt, in den

Fig. 101.



Streckofen gebracht und sofort gestreckt. Diese Art der Herstellung von Spiegeltafeln unterscheidet sich sonach von der vorhergehenden und

den Anfertigungen des Tafelglases auch darin, dass das Strecken im unmittelbaren Zusammenhang mit dem Blasen der Walzen und nicht zu einer spätern Zeit mit einem Vorrath von erkalteten Walzen vor sich geht.

Gegossene Spiegel.

Bei einer Waare wie gegossene und geschliffene Spiegeltafeln, bei der der Quadratmeter auf beiläufig 6 Thaler zu stehen kommt, ist die Entwerthung durch Fehler des Glases natürlich eine sehr beträchtliche. Dieser Einfluss der Fehler ist um so mehr zu fürchten, als diese häufig erst nach Schliff und Politur zum Vorschein kommen und die Gläser der in Rede stehenden Gattung sich gewöhnlich in sehr grossen Dimensionen bewegen. Die Fehler, um die es sich handelt, sind die in einem Mangel an homogener Beschaffenheit beruhenden, wie Blasen, Körner, Rampen Schlieren, also von der Schmelzung und Läuterung abhängende; dann, die in der Farbe des Glases liegenden, von der Wahl und Reinheit der Rohstoffe bedingte.

In der Ausübung ist eine völlige Farblosigkeit des Glases und Reinheit nicht zu erreichen; aber es gelingt doch, ihr möglichst nahe zu kommen, und die Forderungen des Marktes sind in dieser Beziehung wie es die Natur der Sache mit sich bringt, sehr streng.

Sand, Kalk und die natronhaltigen alkalischen Fabrikate sind gegenwärtig die ausschliesslichen Rohmaterialien. Eine Bezugsquelle von gutem, möglichst eisenfreiem Sande ist ein Hauptterforderniss; Schlemmen des Sandes vor dem Gebrauch durchaus anzurathen. Ebenso ist ein reiner eisenfreier Kalkstein unerlässlich, der beim Auflösen in Säure möglichst wenig thonige Theile hinterlässt. In Frankreich verwendet man die sehr geeignete Kreide von Meudon, in England einen nicht minder reinen dichten Uebergangskalk. Was die alkalischen Flussmittel anbelangt, so ist es zwar leichter, ein möglichst ungefärbtes Glas aus Potasche als aus Natron haltigen Produkten zu erzielen, aber der hohe Preis der Potasche, sowie die Eigenschaft des Kaliglases sich schwerer giessen zu lassen, sind die Ursache, dass die natronhaltigen Produkte das Feld behaupteten, namentlich seit man sie im Grossen so rein und billig herzustellen vermag. Eine Zeit lang glaubte man, ein preiswürdiges, hinreichend farbloses Glas sei nur mit Soda herzustellen. Sie giebt in der That ein leicht gelbgrünes Glas von milder Färbung, während das Glaubersalz ein unangenehm und auffallend blaugrünes, oder ein Glas liefert, welches zumal bei Steinkohlenfeuer leicht einen gelbbraunen Ton annimmt. Seit Pelouze in St. Gobain gezeigt hat, dass diese Missfarbe nicht sowohl in dem Glaubersalz an sich, als in dem gleichzeitigen Vorhandensein von Eisen beruht, ist die Anwendung des Glaubersalzes in den Spiegelgiessereien so gut wie allgemein geworden und liefert ein allen Anforderungen entsprechendes Glas.

Material.

Satz. Folgende Sätze werden als die in namhaften Fabriken zu Grunde gelegten, bezeichnet:

Pelouze		Bontemps	
St. Gobain		Durchschnitt der franz. Fabriken	
Sand	100	Sand	100
Kalkstein	33,5	Gelöschter Kalk . .	13
Soda	17	Soda	42

	Pelouze St. Gobain *)	Bontemps Durchschnitt der franz. Fabriken
Sand	100	100
Kalkstein	37,5	20
Glaubersalz	37,5	42
Kohle	2 bis 3	2,5

*) Nach Jäckel auch in der Fabrik zu Münsterbusch bei Aachen.

Unter gelöschtem Kalk ist derjenige zu verstehen, den man durch rasches Eintauchen oder Bespritzen des gebrannten Kalks erhält. Als Reinigungsmittel gebraucht man weissen Arsenik, etwa 0,5 G. Th. auf obige Mengen oder auch halb soviel davon mit dem gleichen Gewicht Braunstein. Als Glasbrocken kommen ausschliesslich die Abfälle der Spiegelgiesserei selbst zur Anwendung, namentlich vom Beschneiden der Tafeln. Die Reinheit und Farblosigkeit des französischen Glases, welches das englische immer übertraf, beruht auf der grossen Gewissenhaftigkeit in der Wahl und Behandlung der Rohstoffe: vom Sand und Kalk wird angenommen, dass sie nicht über 0,1 Procent Eisen enthalten sollen, das Glaubersalz wird durch (das Seite 26 beschriebene) Raffinirverfahren auf noch grössere Reinheit gebracht. Aus dem gleichen Grunde ist Holzkohle, als Zusatz zur Reduction des Glaubersalzes, gepulverten Kokes oder Steinkohlen entschieden vorzuziehen, indem durch die letztere unvermeidlich Eisen in das Glas eingeführt wird. Wie bei den allgemeinen Eigenschaften des Glases näher begründet, wird das Glas im Wetter nach kürzerer oder längerer Zeit angegriffen, geschliffene Flächen viel rascher als die unmittelbare Oberfläche. Bei den gegossenen Gläsern, die heut zu Tage so häufig zur Fensterbekleidung dienen, ist dieser Umstand ganz besonders zu berücksichtigen und ein Ueberschuss an Alkali zu vermeiden, der dem Angriff der Atmosphäre starken Vorschub leistet.

Schmelzen. Allgemeines. Beim Schmelzen des Glases zum Giessen geschliffener Tafeln ist die gleichmässige Mischung der in Fluss gekommenen Materialien neben möglichst vollkommener Läuterung die Hauptrücksicht. Eine gleichmässige Mischung erzielt man am besten durch Gasentwicklung in der Glasmasse. Schon die Einwirkung der Kohle auf das schwefelsaure Natron

wirkt in diesem Sinne; man ergänzt ihre nicht hinlängliche Dauer in der Regel durch Anwendung von Arsenik gegen Ende des Schmelzens. Bei einem Ofen mit 8 Häfen zu 9 Centner Beschickung sind etwa 14 Stunden zum Schmelzen und 3 weitere zum Läutern erforderlich. Bei der Feuerung mit Steinkohle, des gewöhnlichen Brennstoffs in diesem Fach, ist alle Sorgfalt der richtigen Beschaffenheit der Flamme zu widmen. Man heizt mit Stückkohle, obwohl sie viel theurer kommt, nicht mit Förderkohle. Während des Schmelzens sind die Schürer fast ununterbrochen damit beschäftigt, von dem unter dem Ofen durchgehenden Gewölbe aus den Rost in Ordnung, gehörig rein von Schlacken und Asche, für kräftigen Zug offen zu halten. Während der Läuterung im Gegentheil, wo die höchste Reinheit der Flamme erforderlich, lässt man den Rost möglichst in Ruhe, hält eine starke Schicht Brennstoff auf demselben und arbeitet mit der stillen Glut. — Das fertige Glas, wie es unmittelbar aus der Läuterung hervorgeht, ist zu heiss zum Giessen. Man öffnet daher die Zugänge um etwas und lässt es 1 bis 1½ Stunden verkühlen, bis es etwas dickflüssiger geworden, bevor man zum Giessen schreitet.

Bei den grossen, schweren und feinen Gussgläsern von 25 Millimeter Stärke zu Spiegeln geht das Ueberschöpfen mit einem grossen Löffel, wie bei dem „*rolled plate*“ Seite 138, wegen der Masse des erforderlichen Glases natürlich nicht an. Man müsste wiederholt mit dem Löffel Glas nachtragen, um die hinreichende Menge für den Guss zusammen zu bringen; das Glas würde längst erkaltet sein ehe der letzte Löffel voll zur Stelle wäre.

Für diesen Fall kann man nur so mit dem Guss zu Stande kommen, dass man den ganzen Hafen mit dem blanken gussrechten Glas aus den Ofen nimmt, über die Giesstafel umleert und wieder in den Ofen zurückbringt: eine nach allen Seiten hin schwierige und umständliche Arbeit. Eine Hauptschwierigkeit dabei ist die, dass sich beim Läutern verschiedene Unreinigkeiten, Sandkörner und dergleichen an den Boden absetzen, also beim Umleeren des Hafens auf die Giesstafel mit auszufliessen und den Guss zu verderben drohen. Aus diesem Grunde hatte man gleich in den ersten Zeiten der Spiegelgiesserei gesonderte Häfen zum Schmelzen und zum Läutern in demselben Ofen nebeneinander. Später zog man es vor, ganz gesonderte Oefen für beide Zwecke anzulegen. Das roh geschmolzene Glas wurde mit grossen dreimännigen Löffeln von 30 Centimeter Durchmesser aus den Häfen zum Schmelzen ausgeschöpft, an den zweiten Ofen geschafft und in die daselbst aufgestellten zum Läutern und Giessen bestimmten Häfen eingetragen. Die Unreinigkeiten blieben so im Schmelzhafen zurück, die Gefährdung des Gusses war dadurch beseitigt, aber dafür eine weitere in hohem Grade lästige, an Löhnen, Zeit und Brennstoff kostspielige Arbeit an die Stelle gesetzt. In der neuern Zeit, wo man überall eingesehen hat, dass bei dem in Rede stehenden Fach

Frühere Art.

Schmelzen; neuere Art.

der Glaserzeugung alle Sorgfalt und Auslage für Reinheit, Gleichmässigkeit und gute Beschaffenheit der Zuthaten zu dem Satz nur Ersparnisse sind, ist man dahin gelangt, das Glas von vornherein und in einer einzigen Operation auf denjenigen Grad der Reinheit zu bringen, bei welchem es sich in ein und demselben Hafen schmelzen, läutern und gleich daraus giessen lässt. Man hat jene kostspielige Arbeit des Ueberschöpfens vom Schmelz- in den Läuterungsofen ganz unterdrückt und arbeitet das Glas von Anfang bis zu Ende aus demselben Feuer. Diese Wendung ist namentlich durch die Einführung der Oefen mit Siemens'schen Regeneratoren sehr begünstigt worden. Allerdings ist das Giessen nach dieser neuen Art nicht ganz so sicher, wie bei der ältern, doch überwiegen die Vortheile jener.

Häfen und Wannen.

Für eine gelungene Läuterung ist die möglichst gleichmässige Erhitzung des Glases in allen Schichten die wesentlichste Voraussetzung. Die Feuerung des Glasofens hat aber vermöge der ganzen Einrichtung immer Neigung, mehr von oben zu wirken, die oberen Schichten stärker, die am Boden weniger zu erhitzen. Dieser Uebelstand macht sich natürlich um so mehr geltend, je höher die Häfen, also auch je grösser der Abstand des Gewölbes von den Bänken. Bei dem ältern Verfahren fand eben dieser Uebelstand seine Ausgleichung von selbst durch das Ueberschöpfen, indem dieses den Dienst einer Mischung des Glases leistete, um so mehr als die Schichten, die im Schmelzhafen die untersten waren, im Läuterungshafen obenhin kamen und umgekehrt. Es lag mithin damals kein Grund vor, sich beim Schmelzen einen Zwang anzuthun und beim gewöhnlichen Steinkohlenfeuer andere als grosse bedeckte Häfen von 1 bis 1,5 Meter Höhe anzuwenden.

Erst im Läuterungsofen waren niedere und flachere Häfen, sogenannte „*Wannen*" von der Form *A* Fig. 102 im Gebrauch. Der auf der halben Höhe ringsum laufende Falz *a* diente zum Fassen der Wanne mittelst einer Zange beim Giessen.

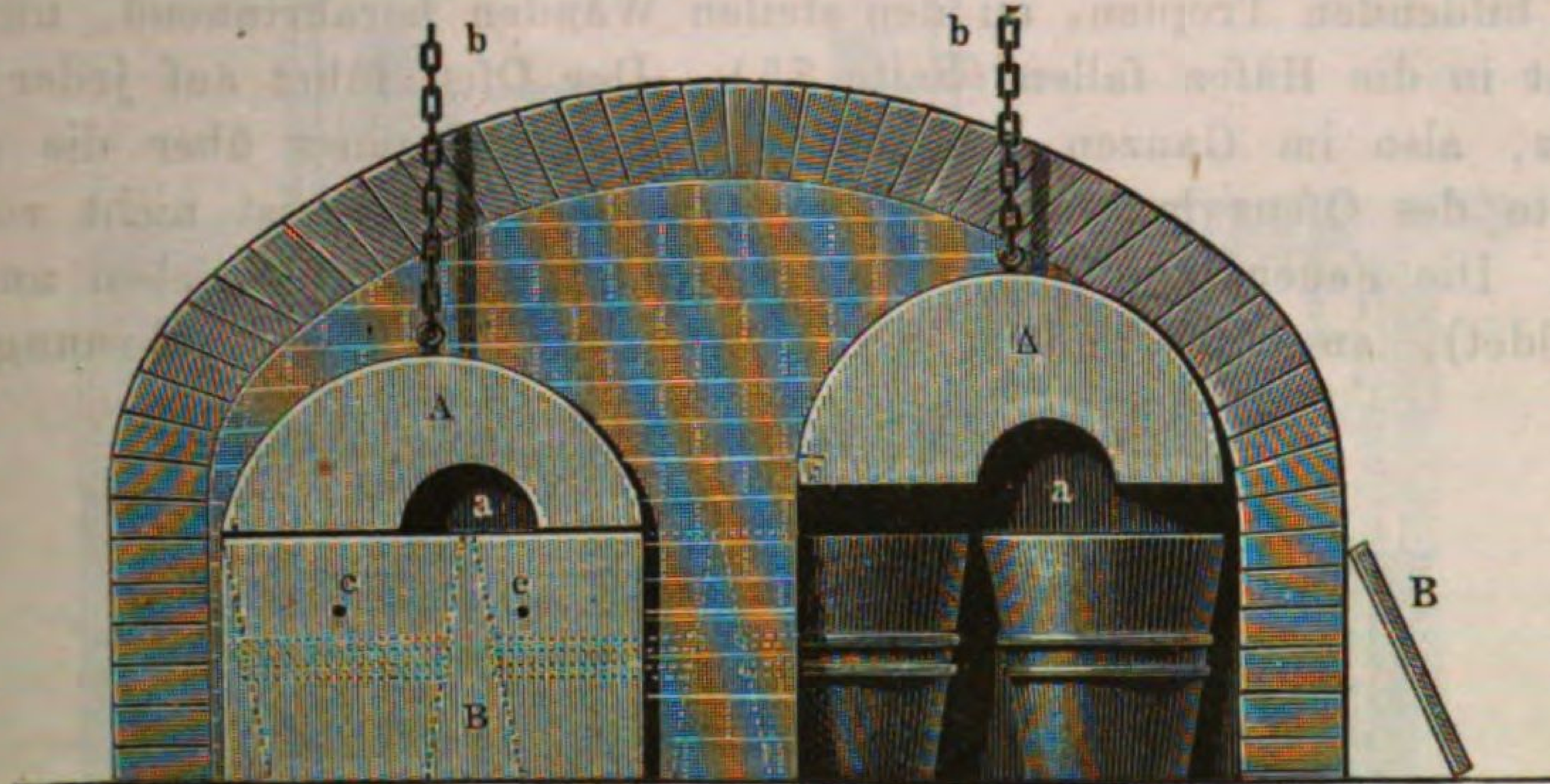
Fig. 102.



In der grossen Spiegelgiesserei zu Ravenhead bei St. Helens, wo seiner Zeit jene doppelte Aufstellung von Schmelzofen mit den zugehörigen Läuteröfen im Betrieb war, geschah das Schmelzen in bedeckten Häfen von 1,5 Meter Höhe und der halben Weite mit drei Ausschnitten in der Kuppel. Es dauerte 18 Stunden, das Läutern 6 Stunden; man konnte also täglich zweimal giessen. Dem jährlichen Verbrauch von 16 000 tons Stückkohlen stand eine Erzeugung von 120 000 Quadratmeter Glas gegenüber. In einer andern englischen Giesserei waren mit einem Schmelzofen zu acht Häfen drei Läuterungsöfen mit je sechs Wannen verbunden. Jeder Läuterungsofen lieferte, die Wanne zu 300 Kilogramm Glas, 42 Güsse im Monat. Die Arbeit dauerte fünf bis sechs Monate ohne Unterbrechung.

Bei der neueren Art, wo aus einem und demselben Ofen gegossen und geschmolzen wird, sind die Häfen gleichsam eine mittlere Form aus den früher gebräuchlichen Schmelzhäfen und Giesswannen (Fig. 103); der Doppelwulst in der Mitte dient zum Eingriff der Zange. Diese Häfen, wie die Wannen der früheren Betriebsart, müssen mit jedem Guss aus dem Ofen herausgehoben und wieder hineingesetzt werden. Aus diesem Grunde Hafenthore.

Fig. 103.



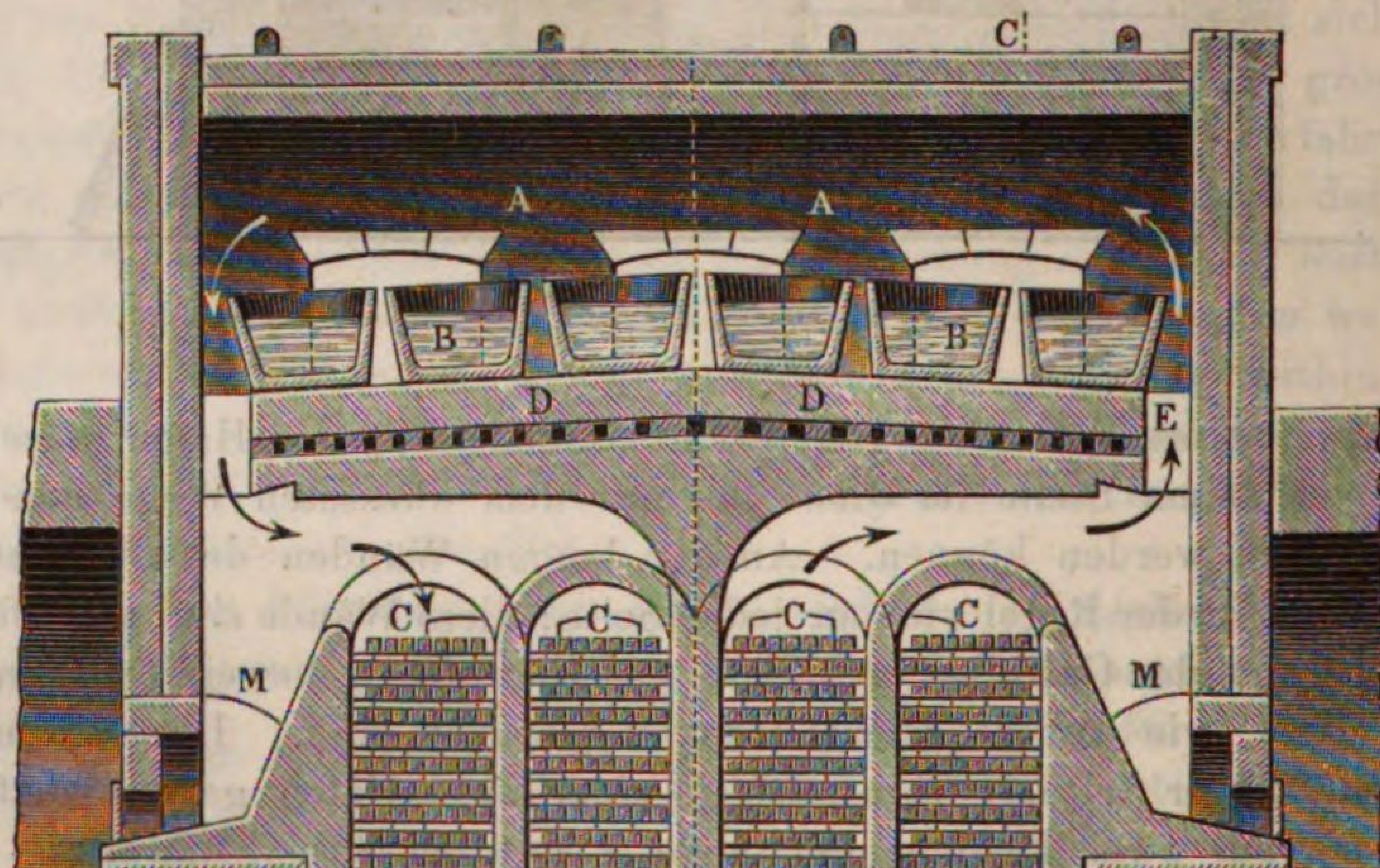
ist ein einzelnes Hafenthor gänzlich unzureichend, jeder Hafen muss vielmehr von seiner Stelle im Ofen und auf dem kürzesten Wege aus- und eingetragen werden können. An den langen Wänden des Ofens stehen die Häfen, in der Regel vier an jeder Seite; diese Wände sind aus Pfeilern zum Tragen des Gewölbes gebildet, zwischen denen bewegliche Einsätze (Fig. 103) wie grosse Ofenthüren angebracht sind. Diese Einsätze, zwei auf jeder Seite, mithin auch je einer zwei Häfen gemeinschaftlich, bestehen aus zwei Theilen: der obere *A* mit der Arbeitsöffnung *a* wird beim Herausnehmen des Hafens eine Spanne hoch an der Kette *b* aufgezogen; der untere *B* durch Einstecken einer auf Rädern beweglichen grossen Gabel in die Löcher *cc* gefasst, damit schwebend aufgehoben und zur Seite gefahren. Der Ofen selbst ist im übrigen wie die Tafelglasöfen gebaut. Bei einem Inhalt der Häfen von 450 Kilogramm dauert das Schmelzen gegen 14, die Läuterung 3 Stunden, also nur halb so lange als bei dem frühern Betrieb, wo eine Masse von Wärme verloren ging.

In keinem Zweige der Glasindustrie kommt es bei grosser Masse der zu schmelzenden Beschickung zugleich so sehr auf hohe Temperatur und noch mehr auf Reinheit der Flamme an als bei der Spiegelgiesserei. Indem solche Betriebe andererseits bei dem Werth ihrer Produkte eine grosse Kapitalanlage erfordern und ertragen, boten sie in jeder Beziehung den für die Einführung der Siemens'schen Feuerung mit Regeneratoren Ofen mit Regeneratoren.

Ofen mit Regeneratoren.

geeignetsten Boden. In der That haben auch die bedeutendsten Anstalten in England und Frankreich, so in St. Helens u. a. und in St. Gobain, diese Feuerung angenommen. An dem letztern Orte hat der Ofen die Form Fig. 104, 105 und 106. — Fig. 104 und Fig. 105 sind zwei senkrechte, rechtwinklig auf einander stehende Schnitte, Fig. 106 ein wagrechter Schnitt, halb über den Häfen, halb unter den Bänken durchgehend. Das Gewölbe des Ofens bildet im Querschnitt einen Spitzbogen, eine Bauart, der man hier den Vorzug giebt, weil die am innern Gewölbe sich bildenden Tropfen, an den steilen Wänden herabrinnend, nicht so leicht in die Häfen fallen (Seite 75). Der Ofen führt auf jeder Seite sechs, also im Ganzen zwölf Häfen *B B*, auf einer über die ganze Breite des Ofens laufenden Bank *D D*; eine Tonne ist nicht vorhanden. Die Feuerung (bereits Seite 58 und Fig. 22 beschrieben und abgebildet), an einer andern Stelle der Hütte in der Entfernung von

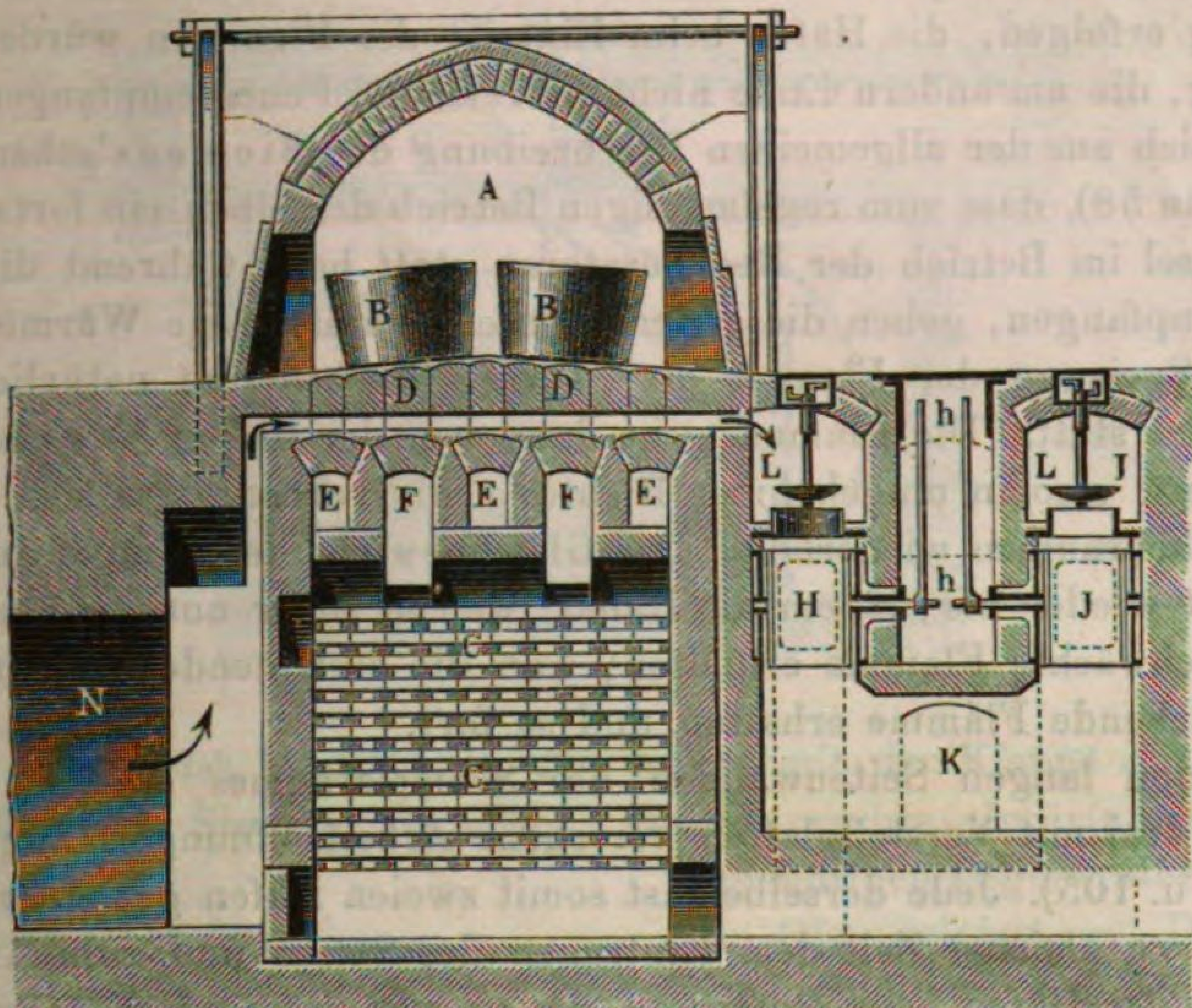
Fig. 104.



30,5 Meter gelegen, sendet einen Strom von brennbaren Gasen nach dem Ofen, und zwar nach einem der Regeneratoren *C*, wo sie, durch die dort aufgestapelten erhitzten Steine hindurchstreichend und vorgewärmt eine Temperatur gegen 1400° C. erreichen. Zu gleicher Zeit zieht ein Strom von Luft nach dem Ofen, der ebenfalls auf die ungefähr gleiche Temperatur, in einem zweiten Regenerator *C* vorgewärmt wird. Diese beiden Ströme gelangen nun durch die Füchse *E, E* . . . an der einen schmalen Seite des Ofens (der rechten in der Fig. 104) in den Schmelzraum, so

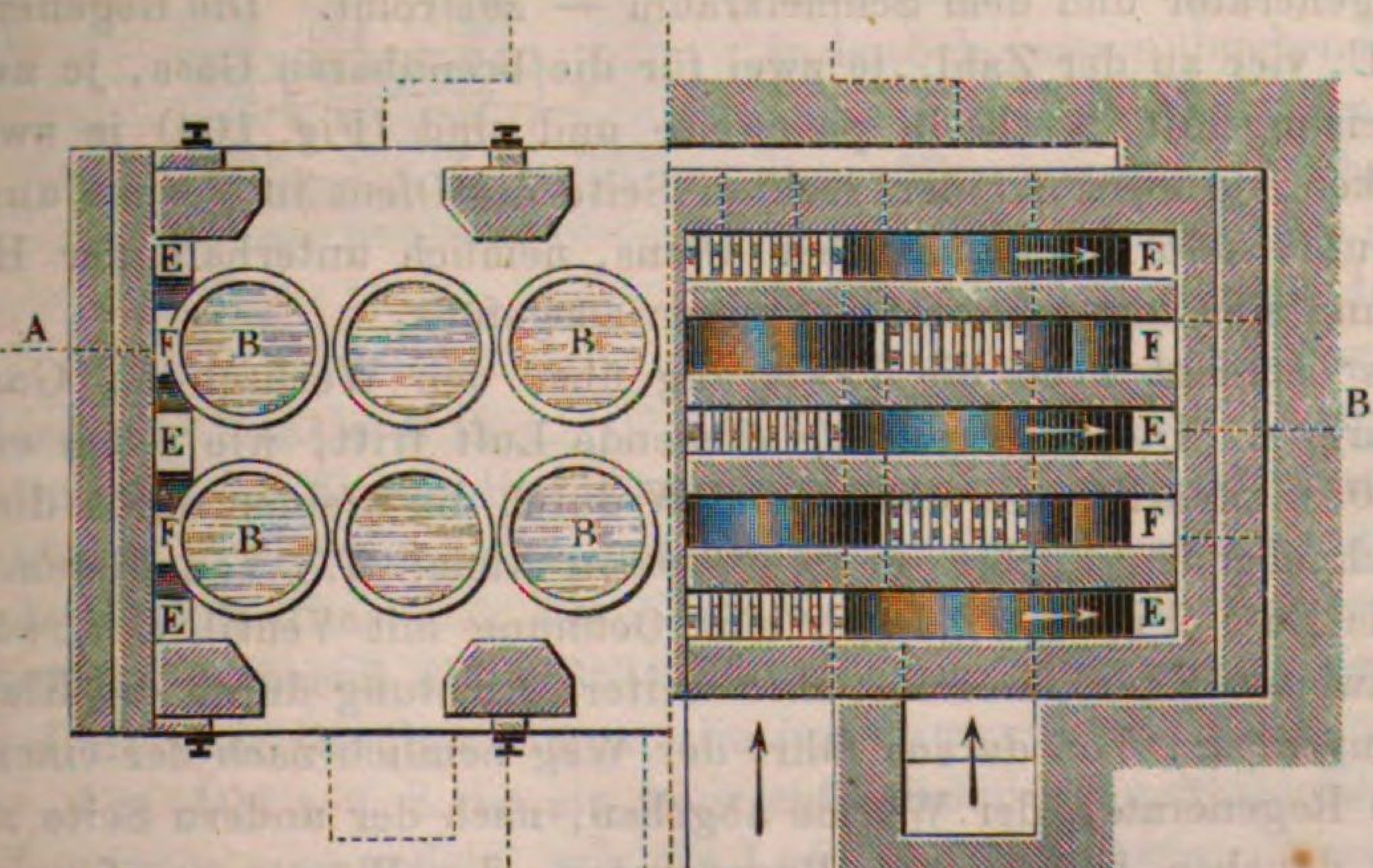
zwar, dass die heissen Brenngase durch drei Füchse *E, E, E*, die heisse Luft durch die zwei dazwischen liegenden Füchse *F F* (Fig. 105) dahin gelangen. Auf diese Art mischen sie sich bei ihrem Austritt und entzünden Ofen mit Regeneratoren.

Fig. 105.



sich zu einer mächtigen und sehr reinen Flamme, welche dem Schmelzraum *A* entlang, die Häfen umspülend, an der entgegengesetzten Seite des Ofens (der linken in der Fig. 104) durch die dort befindliche

Fig. 106.



Ofen mit Regeneratoren.

Reihe gleichnamiger Füchse nach unten austritt. Sie gelangt daselbst in die beiden übrigen Regeneratoren *C*, um ihre Hitze an diese abzugeben, ehe sie von da mit einer mässigen Temperatur nach dem Kamin abzieht.

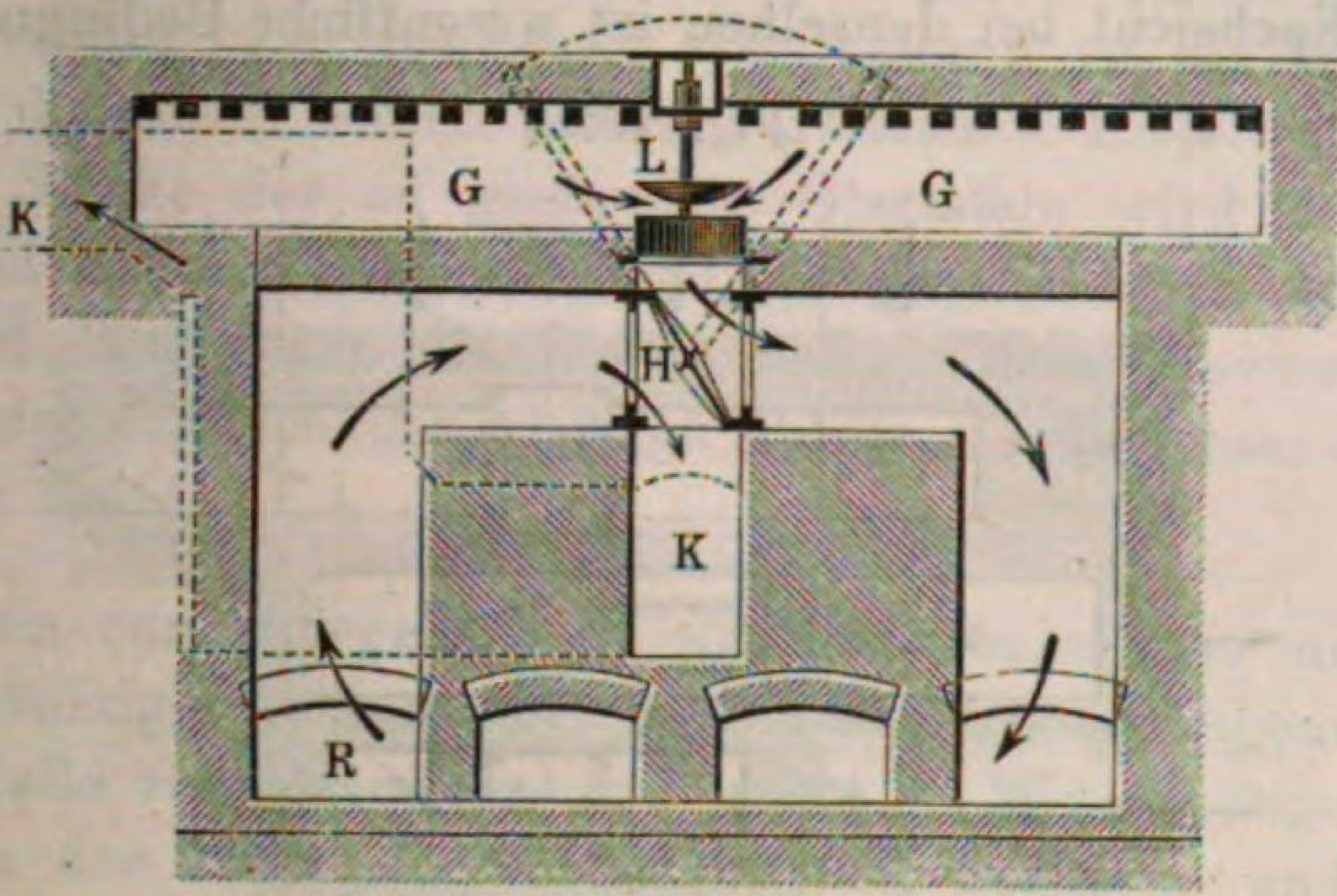
Bei diesem Gang des Feuers könnte natürlich nur eine einseitige Erhitzung erfolgen, die Häfen beim Eintritt der Flammen würden mehr als nöthig, die am andern Ende nicht hinreichend Feuer empfangen. Man erinnert sich aus der allgemeinen Beschreibung der Siemens'schen Feuerung (Seite 58), dass zum regelmässigen Betrieb derselben ein fortwährender Wechsel im Betrieb der Regeneratoren statt hat; während die einen Wärme empfangen, geben die anderen bereits empfangene Wärme an die Gase zur Speisung der Flamme ab. Dieser Wechsel hat natürlich auch im Glasofen statt. Die Flamme geht dann von der linken Seite aus nach der rechten, also in umgekehrter Richtung wie vorher, was sich in kurzen Zwischenräumen wiederholt. Das Gleichgewicht der Temperatur stellt sich damit wieder her, indem die Häfen, welche zuvor nur die abgehende schon geschwächte Flamme erhielten, nun die eintretende noch in voller Stärke wirkende Flamme erhalten und so fort.

An den langen Seitenwänden des Schmelzraumes sind zu beiden Seiten je drei mit Vorstellplatten versehene Arbeitsöffnungen angebracht (Fig. 104 u. 105). Jede derselben ist somit zweien Häfen gemeinschaftlich und dient zu gleicher Zeit dem Eintragen des Satzes und zum Aus- und Eintragen der Häfen beim Gusse. — Um die Bank gegen die allzustarke Einwirkung der Hitze zu schützen, ist eine besondere Einrichtung getroffen, wodurch sie ständig abgekühlt wird. Die durch den Kanal *N* (Fig. 104 und 105) zugeführte Luft nimmt nemlich zunächst, also so lange sie noch kalt ist, ihren Weg durch eine Anzahl (25) in der Dicke der Bank *D* vertheilter Füchse hindurch und entzieht so dem Mauerwerk den Ueberschuss von Hitze, ehe sie ihrem weitern Ziele — dem vorwärmenden Regenerator und dem Schmelzraum — zuströmt. Die Regeneratoren *C C C C*, vier an der Zahl, je zwei für die brennbaren Gase, je zwei für die Speisungsluft, wechseln paarweise und sind (Fig. 104) je zwei mit der linken, je zwei mit der rechten Seite des Ofens in Verbindung. Sie stehen unterhalb des eigentlichen Ofens, nemlich unterhalb der Hüttensohle, und sind mit feuerfesten Steinen ausgefüllt.

Es erübrigt noch die Erklärung über den Wechsel der Gas- und Luftführung. Die zur Speisung dienende Luft tritt, wie schon erwähnt (Fig. 105), zunächst von dem Kanal *N* durch die kleinen durch die Bank hindurchgehenden Füchse in den grossen Kanal *G*. Von diesem Kanal geht die Luft (Fig. 107) durch eine Oeffnung mit Ventil *L* abwärts in einen zweiten Kanal, woselbst ihre weitere Richtung durch die Klappe *H* bestimmt wird. Von da aus führt der Weg nemlich nach der einen Seite zu dem Regenerator, der Wärme abgeben, nach der andern Seite zu dem andern daneben befindlichen Regenerator, der Wärme empfangen soll. In der abgebildeten Stellung der Klappe *H* geht der von *G* kommende

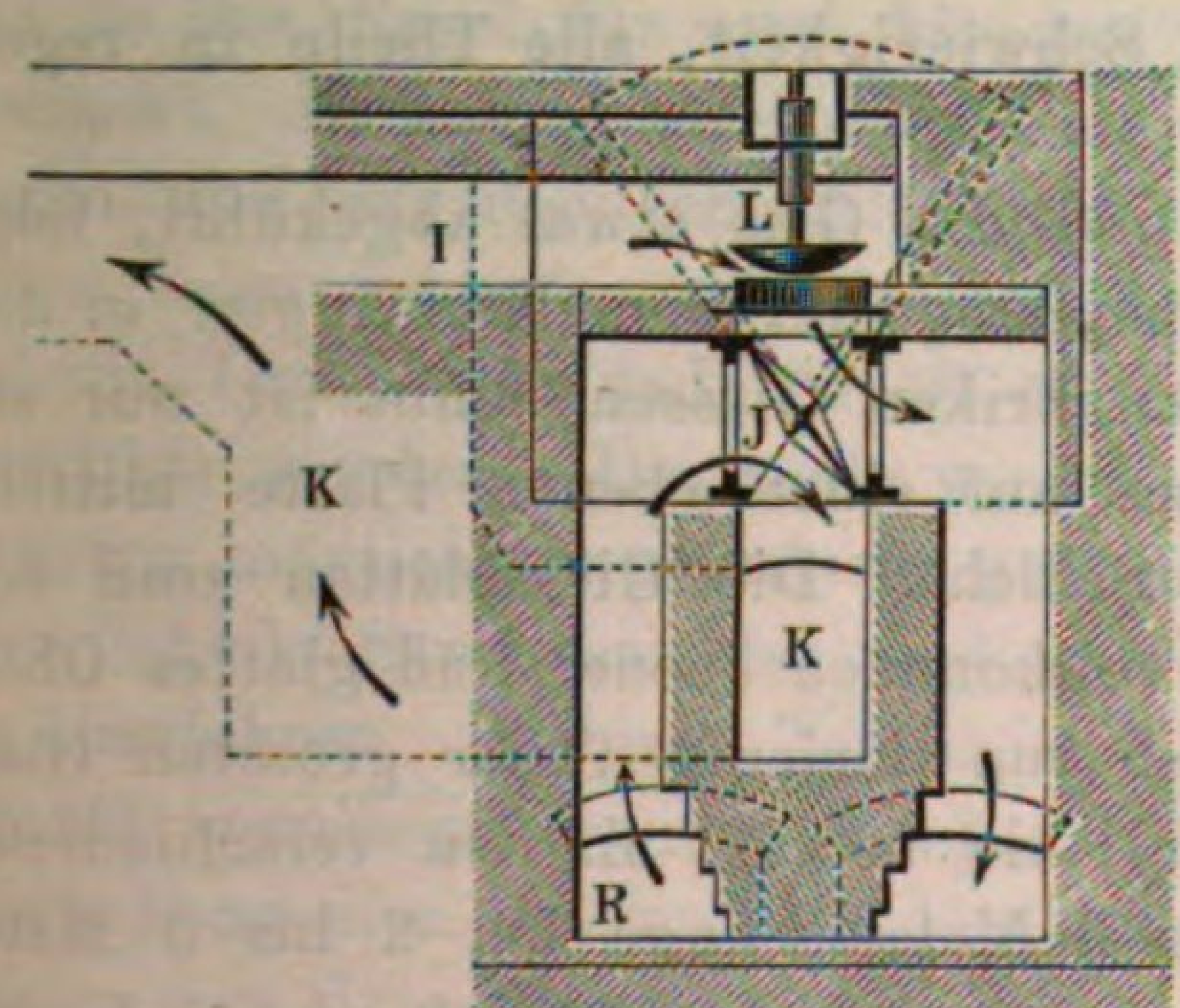
Luftstrom nach rechts durch den Generator zum Vorwärmen und von da in den Schmelzraum. Ganz dieselbe Einrichtung liegt der Gasführung zu Grunde, wie der Durchschnitt Fig. 108 zeigt, wo das von *I* kommende — Ofen mit Regeneratoren.

Fig. 107.



Brenngas durch das Ventil *L* in den Kanal mit der Klappe *J* und (bei der abgebildeten Stellung derselben) von da rechts abwärts nach dem zugehörigen Regenerator und in den Ofen gelangt. — Die nemliche Stellung der Klappen *H* und *J* in Fig. 107 u. 108 weist zugleich den aus dem Ofen (durch die Füchse *E* und *F*) abziehenden heissen Verbrennungsgasen die Richtung an nach den beiden Regeneratoren, an die sie ihre Wärme vor dem Entweichen in den Schornstein abgeben sollen. Diese Feuerluft nimmt nemlich ihren Weg aus jenen Füchsen *E* und *F* (Fig. 105 und 106) in die betreffenden Generatoren (der linken Seite in der Abbildung), aus diesen durch die Kanäle *R* (Fig. 107 und 108) in den Kanal *K*, der nach dem Kamin führt. — Durch die beiden Hebel *hh* (Fig. 105) bewerkstelligt man leicht das in regelmässigen Zeitabschnitten von etwa einer Stunde sich wiederholende Umstellen der Klappen *H* und *J* zum Wechsel der Regeneratoren, während die Ventile *L* durch ihre Stellung das Verhältniss der Luft zum Gas bestimmen, die im Heitzraum zur Verbrennung kommen. Fig. 109 a. f. S. ist ein wagrechter Schnitt durch die Klappen *H* und *J*, woraus man ersieht, wie die Luft- und Gasführung durch den dazwischen liegenden Kanal *K* mit dem Kamin verbunden sind.

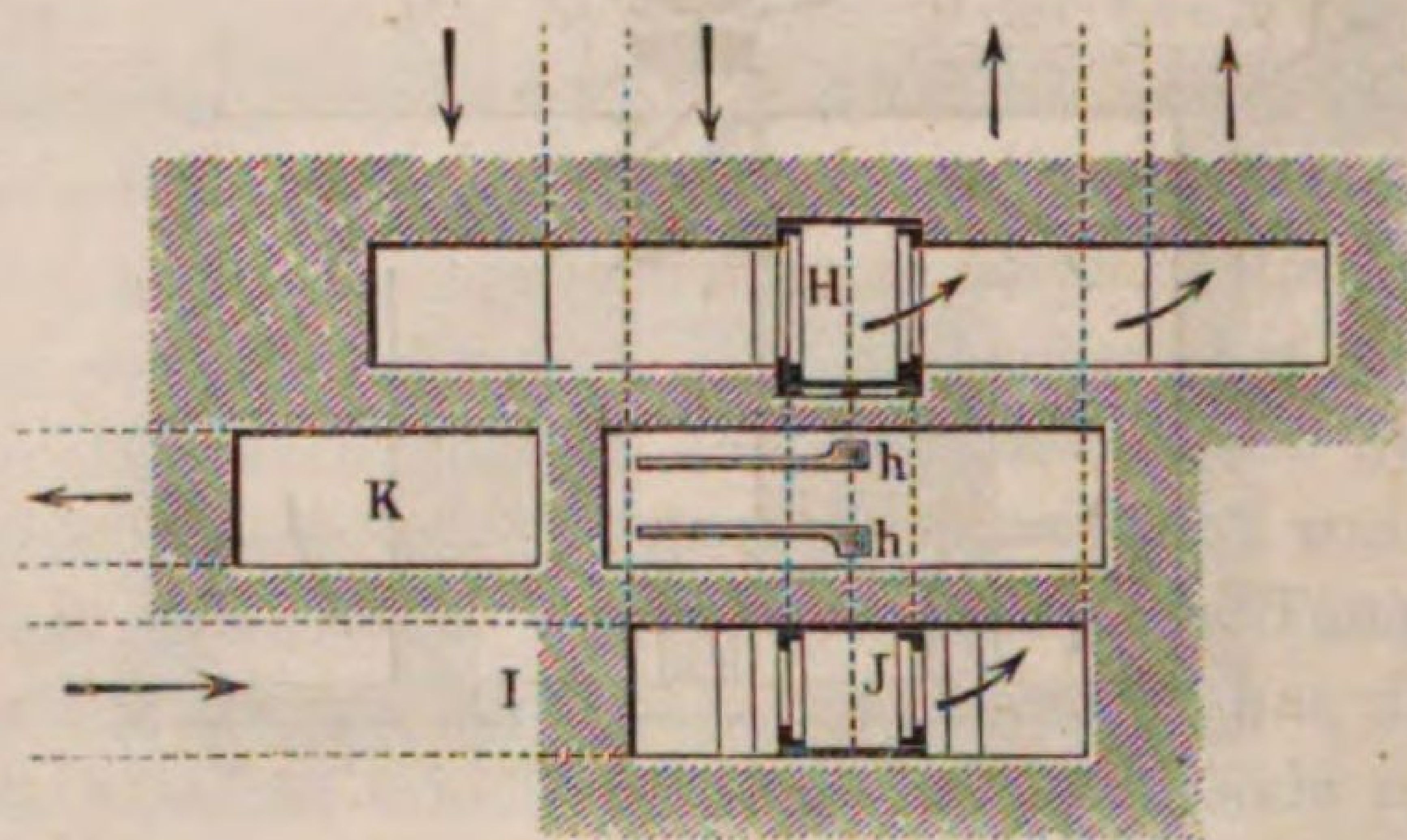
Fig. 108.



Ofen mit Regeneratoren.

Es ist bereits bei der Beschreibung der Feuerung des Siemens'schen Ofens bemerkt, dass der Kamin mehr als Ableiter der Verbrennungsprodukte, weniger zum Bewegen der Luft dient. Er ist mit einer Klappe am obern Ende versehen, die man so stellt, dass keine Luft durch die Arbeitsöffnungen angesogen wird. Ein dichter Schluss der Klappen *K* u. *J* und fleissige Nachsicht bei denselben ist wesentliche Bedingung des guten

Fig. 109.



Ganges. Die Vortheile des Siemens'schen Ofens sind: Brennstoffersparniss, Reinheit der Flamme von Gestübbe und Rauch, dann Leichtigkeit die Beschaffenheit der Flamme zu regeln. Diesen Vortheilen stehen gegenüber kostspielige Anlage und Schwierigkeit, alle Theile in regelmässigem Gang zu erhalten.

Giessen.

Sobald die Läuterung erzielt und das Glas etwas abgekühlt, folgt der Guss, in unmittelbarem Zusammenhang mit dem Einbringen in den Kühlofen. Was man in den Spiegelfabriken Giessen nennt ist nur ein Ausbreiten des weichflüssigen Glases auf einer ebenen Platte mittelst einer Walze zu einer gleichdicken Schicht. Die Giessplatten sind von Gusseisen mit hinreichend grosser vollkommen ebener und glatter Oberfläche. Ihre Grösse hängt natürlich von derjenigen der grössten Glastafel ab, die der Betrieb liefern soll; sie beträgt in den verschiedenen Giessereien zwischen etwa $3^1/_2$ bis 6 Meter Länge bei 2 bis 3 Meter Breite. Damit die Giesstafel sich nicht so leicht verwirft, ist jederzeit eine bedeutende Eisenstärke nothwendig, etwa 12 bis 20 Centimeter. Man pflegte diese Tafeln bisher aus einem Stück zu giessen. Ein Gussstück von solchem Umfang, gleichmässig, dicht, ohne Poren zu erhalten, bietet an sich grosse Schwierigkeiten; Tafeln dieser Grösse in einem Stück sind ferner trotz ihrer Stärke sehr geneigt sich zu werfen. Man zieht es daher neuerdings vor, die Giesstafeln aus mehreren Gussstücken zusammenzufügen. Diese Art der Herstellung ist ungleich weniger kostspielig, bedingt weniger Neigung zum Verwerfen und gewährt ausserdem den Vortheil, dass man fehlerhaft gewordene Giesstafeln durch Auswechseln einzelner Stücke leicht wieder ausbessern kann. Die Walze ist ebenfalls von Gusseisen, genau und sauber abgedreht. Je kleiner der

Durchmesser der Walze, um so schwieriger ist ihr Gang und um so unebener die Glasfläche, die sie erzeugt. Man giebt ihr daher nicht weniger als 20 bis 25 Centimeter Durchmesser und giesst sie hohl mit 3 bis 5 Centimeter Wandstärke; sie haben dann ein hinreichendes, aber doch nicht übermässiges Gewicht. Ihre Länge ist durch die Breite der Giesstafel bestimmt. Zur bequemen Handhabung ist die Walze um eine Axe drehbar, deren zu beiden Seiten vorstehende Enden als Handhaben dienen. Die Stärke der zu giessenden Glastafeln wird durch zwei auf den Längsrändern der eisernen Tafel gelegte Schienen von Schmiedeeisen bestimmt, auf denen die Walze läuft. Diese Schienen geben der gegossenen Tafel zugleich die richtige Breite, sowie einen geraden und gleichmässigen Rand.

Die Hütten zum Spiegelgiessen werden zweckmässig und allgemein in Gestalt geräumiger rechteckiger Hallen mit frei getragenem Dach angelegt. Die Halle von Ravenhead z. B. misst 75 Meter Länge bei 20 Meter Breite. In der Mitte der Halle sind die Schmelz- und Läuteröfen aufgestellt, die beiden Längsseiten sind von zwei Reihen Kühlöfen (in Ravenhead je 12) oder vielmehr deren Vorderwänden mit den Mundlöchern gebildet; denn die Kühlöfen selbst mit ihren Feuerungen liegen ausserhalb der Halle unter besonderen Nebendächern. Sie sind flach gewölbt, mit einer möglichst ebenen Sohle, mit zwei oder drei Feuerungen versehen und in der Regel für zwei bis drei nebeneinander liegende Glastafeln bestimmt. Es kommt alles darauf an, dass sich die Glastafeln beim Eintragen und auf der Ofensohle nicht mehr verziehen, weil alle Unebenheiten beim Schleifen mit theurer Arbeit weggeschafft werden müssen, und die Tafeln sich dadurch oft zu sehr verdünnen, zuweilen auch unbrauchbar werden. Die Sohle wird darum aus hochkant stehenden, gebrannten möglichst regelmässig geformten Steinen, aber ohne Mörtel auf einer Schicht Sand errichtet und mit einer dünnen Schicht groben Sandes überfahren. Mehrere Tafeln im Kühlofen aufeinander zu legen, hat sich als unzulässig erwiesen, wegen des grossen Gewichtes gegenüber der Schwindung u. s. w. Insofern die Glastafeln nebeneinander einzeln liegen, nehmen sie einen unverhältnissmässigen Raum ein, erfordern Oefen von unverhältnissmässigem Umfang und Masse, die darum auch unverhältnissmässig langsam, weit langsamer erkalten, als es für eine gute Kühlung des Glases Bedingung. Durch bessere Einrichtungen, namentlich Anlegung von Röhren mit Circulation von kalter Luft unter der Sohle, ist man dahin gekommen, die Kühlzeit von 14 Tagen auf 4 Tage zurückzubringen, natürlich mit entsprechender Ersparniss.

Giesshütten.

Kühlöfen.

Vor jeder Reihe von Kühlöfen läuft ein Schienengeleise, worauf sich die auf einem festen Untergestell mit Rollen lagernde Giesstafel bewegt. Sie ist so aufgestellt, dass ihre Oberfläche genau in die Ebene der Sohle des Kühlofens fällt, mithin die gegossene Tafel einfach von der Platte in den Ofen geschoben werden kann.

Giessen. Das Giessen selbst umfasst eine lange Reihe von Arbeiten und Verrichtungen, nemlich: Aufbrechen des Schmelzofens und Beiseitesetzen der Vorstellplatte, Losbrechen des stets mehr oder weniger auf der Bank festklebenden Hafens; Herausnehmen des glühenden Hafens aus dem Ofen und Fortschaffen nach der Giesstafel vor dem zu beschickenden Kühlofen; Fassen des Hafens mit dem Krahn; Reinigen des Hafens von aussen, um das Herabfallen von Schmutz, Kohlentheilen, Asche auf die Giesstafel zu verhindern; Abfeimen der Galle u. s. w. auf der Oberfläche des Glases im Hafen; Anwärmen und Reinigen der Giesstafel zum Guss; Ausgiessen des Glases und Walzen desselben; Einschieben der gegossenen Tafeln in den Kühlofen; endlich Zurückschaffen des leeren Hafens in den Schmelzofen und Schliessen desselben. Diese ganze Summe von Verrichtungen erfordert eine Mannschaft von wenigstens 10 Köpfen und muss in weniger als zehn Minuten geschehen sein, wenn das Glas noch heiss genug auf die Tafel, der Hafen heiss genug in den Ofen zurückgelangen soll, ehe er zu reissen beginnt. Die Lösung dieser schwierigen Arbeit kann nur eine umsichtige Vertheilung derselben und eine Einübung der Mannschaft zu einer mehr als militärischen Ordnung und Pünktlichkeit im Zusammengreifen gewährleisten, wie sie denn auch in den Spiegelgiessereien von jeher bewundert worden.

Die Reinigung des Hafens bewerkstelligt man, während derselbe am Krahn in schräger Lage, nicht über sondern neben der Giesstafel schwebt durch scharfes Fegen der ganzen Aussenfläche mit einem stumpfen Besen. Das Abfeimen geschieht mit krummen kupfernen Klingen. Beim Ausgiessen ist darauf zu sehen, dass das Glas dicht vor die Walze kommt und gehörig über die ganze Breite der Giesstafel vertheilt ausfliesst. Sobald die Walze über das Glas weg und auf ein vor die Giessplatte gesetztes Gestell geführt ist, biegt man das zuletzt gewalzte, etwas unregelmässige Ende der Glastafel, ehe es erstarrt, um eine eiserne Schiene in der Breite von einigen Centimetern auf. Dieses aufgebogene Ende dient zum Anstemmen der Krücken, mittelst welcher man nachher die fest gewordene Glastafel in den Kühlofen schiebt. In manchen Spiegelhütten hat man angefangen, die Walze in umgekehrter Richtung, also gegen den Kühlofen hin, laufen zu lassen. Alsdann hat man den Vortheil, dass die dem Kühlofen abgewendete Seite, gegen die man die Krücke stemmt, als die zuerst gewalzte auch zuerst erkaltet und so, ohne aufgebogen zu werden, eine feste Stütze bietet. Ist ein Kühlofen gefüllt, so muss der ganze Apparat, Giesstafel, Krahn und Zubehör an den nächsten Kühlofen geschafft und dort befestigt werden. Statt dessen hat man auch unbewegliche Giesstafeln, von welchen aus die Glastafeln auf Holzwagen nach den Kühlöfen geschafft werden.

Die aus dem Kühlofen ausgefahrenen Gläser kommen zunächst auf eine grosse hölzerne Tafel zum Beschneiden der Ränder, besonders zur Beseitigung des aufgebogenen Endes. Das Beschneiden geschieht mit dem Diamant, nur ist bei der beträchtlichen Dicke der Tafeln der Schnitt

durch leichte Schläge mit dem Holzhammer oder mittelst einer Zange völlig abzulösen.

Ungeschliffene Tafeln.

Die gegossenen Glastafeln werden zum Theil geschliffen, zum Theil roh verkauft zur Bedeckung von Lichthöfen, Bahnhofshallen, Fabrikgebäuden, zu Oberlichtern u. dgl. Man verwendet dazu die weniger gelungenen, mit einem oder dem andern Fehler behafteten Tafeln, auch verfertigt man solches Dachglas eigens aus weniger reinem, dreiviertelweissem Glase in verschiedener Grösse, meist in Platten von 5 bis 6 Quadratmeter und einer der Grösse entsprechenden Stärke von 8 bis 12 Millimeter. Eine Tafel von 1 Quadratmeter wiegt etwa 25 Kilogramm und trägt noch eine Last von 75 Kilogramm, ohne zu brechen. Das Dachglas wird mit oder ohne sandige Seite geliefert nach Verlangen. Der sandige Ueberzug macht undurchsichtig, aber giebt eine milde Beleuchtung. Auch ohne Sandseite ist es schwer, durch eine rohe Glastafel hindurch einen Gegenstand in deutlichen Umrissen zu erkennen. Sie sehen aus wie gehämmert und sind ein sehr unvollkommenes Abbild der völlig glatten Eisenflächen, von denen sie der Abdruck sind; die Oberfläche ist trübe wie bestäubt.

Chemischer Bestand.

Der chemische Bestand des gegossenen Tafelglases ist mehrfach und zwar für verschiedene Zeiten und verschiedene Fabriken untersucht worden. Es besteht, wie aus dem Satze schon hervorgeht, aus Kieselerde, Natron (ehemals auch Kali) und Kalk. Die nachstehende Uebersicht bezieht sich auf Gläser älterer Fabrikation:

	Berthier	Mayer und Brazier			Benrath	
	St. Gobain	British	Blackwall-Thames	London-Manchester	Aachen	Smoljaninow.
		Plate glass Company				
	1830	1850			1855	
Specif. Gew.	?	2,319	2,408	2,242	2,465	2,445
Kieselerde	72,0	77,36	78,68	77,91	78,75	75,60
Kali	—	3,01	1,34	1,72	—	—
Natron	17,0	13,06	11,63	12,36	13,00	16,78
Kalk	6,5	5,31	6,10	4,85	6,50	6,05
Eisenoxyd	4,5	0,92	Spur	—	1,75	1,39
Thonerde		Spur	2,68	3,60		0,18
	100,0	99,66	100,43	100,44	100,00	100,00

Chemischer Bestand.

Man sieht, dass damals der Kalkgehalt auffallend niedrig und zwar niedriger war, als sich mit der Beständigkeit in Luft und Feuchtigkeit verträgt. Pelouze hat dieses handgreiflich nachgewiesen, indem er von zwei Gläsern folgender Zusammensetzung:

	Kieselerde	Natron	Kalk	
a.	72,1	12,4	15,5	= 100,0
b.	77,3	16,3	6,4	= 100,0

je eine Probe zu Pulver zerrieb und mit Wasser kochte; es lösten sich von (a.) 10 Proc., von (b.) 30 Proc. des Gewichtes auf. Man ging seitdem zu einem Satze, entsprechend dem Glase (a.), mit doppelt soviel Kalk über; von der Art sind die neueren Gläser nachstehender Analysen:

<table>
<tr><th rowspan="2"></th><th colspan="4">Benrath</th><th>Jaeckel</th></tr>
<tr><th colspan="3">St. Gobain</th><th>Amelung und Sohn, Dorpat</th><th>Aachen</th></tr>
<tr><td>Specif. Gew.</td><td>2,535</td><td>?</td><td>?</td><td>2,540</td><td>?</td></tr>
<tr><td>Kieselerde</td><td>72,12</td><td>72,80</td><td>71,50</td><td>72,0</td><td>72,31</td></tr>
<tr><td>Natron</td><td>12,23</td><td>12,30</td><td>13,05</td><td>12,2</td><td>11,42</td></tr>
<tr><td>Kalk</td><td>14,82</td><td>14,10</td><td>13,29</td><td>14,5</td><td>14,96</td></tr>
<tr><td>Eisenoxyd</td><td rowspan="2">0,83</td><td rowspan="2">0,73</td><td rowspan="2">2,08</td><td>0,3</td><td>0,81</td></tr>
<tr><td>Thonerde</td><td>1,0</td><td>—</td></tr>
<tr><td></td><td>100,00</td><td>99,93</td><td>99,92</td><td>100,0</td><td>99,50</td></tr>
</table>

Schleifglas.

Die zum Schleifen und Poliren bestimmten gegossenen Glastafeln sind, namentlich soweit sie zu Spiegeln belegt werden, vom besten reinsten Glas und werden in besonders grossen Dimensionen angefertigt. Noch vor 30 Jahren war eine Tafel von 12 Quadratmeter kaum erhört; 20 Jahre später waren Tafeln von 18 Quadratmeter auf den grossen Ausstellungen schon mehrfach vertreten *); auf der von 1867 zu Paris waren von der Fabrik St. Gobain-Cirey drei Tafeln folgender Grössenverhältnisse ausgestellt:

Länge	Breite	Oberfläche
5,50 Meter	3,53 Meter	19,41 Quadratmeter
6,53 „	3,23 „	21,10 „
6,09 „	3,53 „	21,50 „

*) Nach dem Tarif von 1845 würde in St. Gobain eine Tafel von 20 Quadratmeter Fläche, wenn man sie hätte giessen können, auf 24 300 Francs gekommen sein, während man dort sie heutzutage wirklich und zwar zu 2830 Francs herstellt.

Eine Tafel von 21 Quadratmeter wiegt zwischen 700 und 800 Kilogrm. und da eine Tafel nur aus einem einzigen Hafen gegossen werden kann, so muss derselbe für jene Tafel 900 Kilogramm Glas fassen!

Schleifen und Poliren.

Diejenigen gegossenen Glastafeln, die zum Schleifen bestimmt sind, unterliegen beim Beschneiden zunächst einer genauern Prüfung auf die etwaigen Fehler. In der reinen, überaus gleichmässigen Fläche eines Spiegels sind nemlich Fehler viel auffallender und entwerthen das Produkt viel mehr, als bei einem andern Gegenstande. Nur die Fehler, die nahe am Rande der Tafel oder an der Oberfläche liegen und ohnehin weggeschliffen werden, sind natürlich unschädlich. Zeigen sich tieferliegende Fehler in der Mitte, so schneidet man die Tafel lieber an dieser Stelle durch in zwei kleinere, wo jene Fehler dann an den Rand zu liegen kommen. Manche Fehler treten übrigens erst nach Schliff und Politur hervor. Allgemeines.

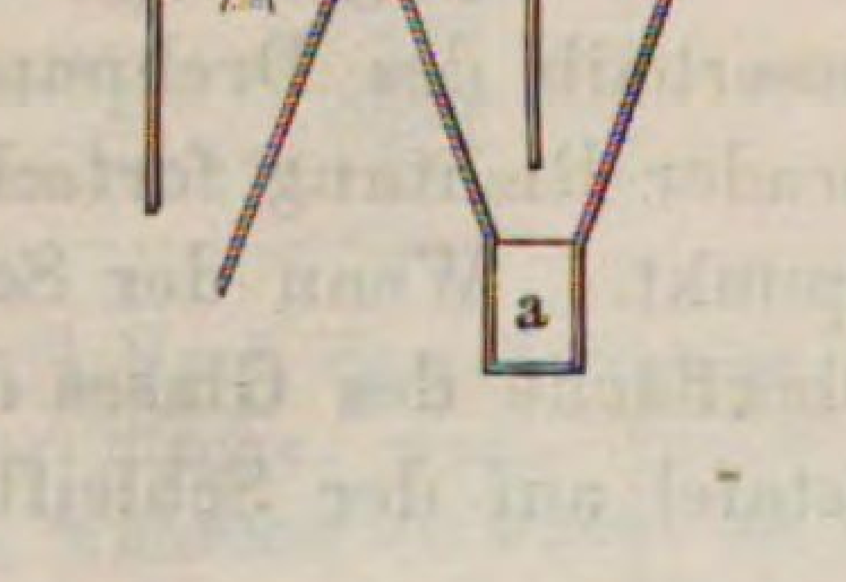
Das Schleifen und Poliren selbst ist eine Arbeit, die ganz und gar der mechanischen Technologie angehört und hier nur ihren Grundzügen nach beschrieben werden kann. Sie zerfällt in drei untergeordnete Arbeiten: das Rauh-, das Klarschleifen und das Poliren. Der Zweck von allen dreien ist Herstellung von völlig ebenen und zugleich vollkommen parallelen und durchsichtigen Flächen. Beim Rauhschleifen ist die Aufgabe, alles Glas über dem tiefsten Punkte der Glasoberfläche wegzunehmen. Das Mittel dazu ist grober Sand. Der so entstehende Schliff ist eben, aber von grobem Korn und rauh. Das Klarschleifen geschieht mit Schmirgel und bezweckt, ohne weitere Verdünnung der Tafel das grobe Korn des Sandschliffes in das allerfeinste und zarteste Korn zu verwandeln, wobei der Schliff natürlich immer noch matt bleibt. Das Poliren verwandelt die soweit fertige Glasfläche in eine glänzende und durchsichtige vermittelst einer dritten Gattung von Mitteln, hier dem Polirroth. — Das Rauhschleifen und Poliren wird ausschliesslich, das Klarschleifen fast ganz durch Maschinen besorgt, Handarbeit kommt mithin nur in ganz untergeordneter Weise zur Anwendung. Beim Schleifen beiderlei Art liegt die zu bearbeitende Glastafel auf der Schleifbank mit Gyps festgekittet; auf der festliegenden Tafel bewegt sich eine kleinere, auf den Boden eines Kastens festgekittete Glastafel, deren Bewegung von einem durch Maschinenkraft bewegten Balancier ausgeht. Zwischen beiden Tafeln befindet sich das mit Wasser befeuchtete und feucht erhaltene Schleifmittel. Der Kasten ist an einem Punkte drehbar befestigt, er wird mit Gewicht beschwert, theils um den gehörigen Druck, theils um die gehörige Lage des Schwerpunktes zu bestimmen, welcher ausserhalb des Drehpunktes liegen muss. Seine Bewegung ist theils in gerader Richtung fortschreitend, theils eine Drehung um den Befestigungspunkt. Wenn der Schliff am tiefsten Punkte angegriffen hat und die Oberfläche des Glases demnach eine Ebene geworden, kehrt man die Glastafel auf der Schleifbank

um. Indem man sie beide Male genau nach der Setzwage aufkittet, giebt sich der Parallelismus der Schleifflächen von selbst.

Sand. Ueber den Schleifsand ist nichts zu bemerken, als dass er von gröberm, scharfem Korn sein muss und sich rasch abnutzt, d. h. zu fein wird; man schwenkt daher die Glastafel öfter ab und giebt frischen Sand auf. — Der Schmirgel kommt auf Naxos im griechischen Archipel, dann bei Ephesus in Kleinasien auf einer Strecke von 33 Kilometer Länge und 4 Kilometer Breite vor. In dieser Gegend findet er sich auf zwei verschiedenen Lagern und zwar in Körnern von Erbsengrösse bis zu Brocken von mehreren tausend Kilogrammen in den umgebenden Schichten in körnigen Kalkstein eingebettet. Der Hauptbestandtheil ist das auch als Edelstein (Korund, Saphir) auftretende Mineral, aus wasserleerer Thonerde bestehend und durch seine grosse Härte und sein hohes specifisches Gewicht ausgezeichnet, körniger Korund, mit Eisenoxydul und einer Art Glimmer. Der Schmirgel enthält stets einige Procente Wasser (1,9 bis 5,6); mit der Zunahme dieses Wassergehaltes nimmt sein specifisches Gewicht und seine Härte ab. Beim Schleifen des Glases nimmt der Schmirgel eine bestimmte Menge Glas fort und verwandelt sich dabei in ein unfühlbares Pulver, welches nicht weiter angreift; die Menge Glas, welche der Schmirgel bis dahin wegnimmt, bestimmt seinen Werth. Unter gleichen Umständen nimmt der Saphir etwa 0,8 seines Gewichtes, der Schmirgel nur halb so viel Glas weg. Sein chemischer Bestand ist 60,0 bis 77,8 Proc. Thonerde, 8,6 bis 33,2 Proc. Eisenoxyd nebst Kalk und Kieselerde in kleinen Mengen. Man pflegt ihn in faustgrossen, weder an Farbe noch Gefüge homogenen Brocken anzuliefern. Nach dem Sortiren werden sie feingemahlen und das Mehl sorgfältig geschlämmt in sechs bis acht Nummern, wovon die gröbsten wieder nach der Pochmühle zurückgehen. Es handelt sich bei diesem Schlämmen darum, den Schmirgel in eben so viele Sorten nach der verschiedenen Grösse des Korns, aber so zu scheiden, dass in keinem Falle die nächst feinere Nummer eine Spur der gröbern beibehält. Beim Klarschleifen mit Schmirgel schreitet man nemlich stufenweise von den grobern Nummern zu den feinsten vor; ist durch Unachtsamkeit in der Entfernung der gröberen Nummern von der Glasfläche vor dem Aufgeben der feineren, oder im Schlämmen auch nur ein einziges Körnchen grober Schmirgel in den feinen gerathen, so ist natürlicher Weise der ganze Schliff gefährdet. Das Schlämmen geschieht in einer Reihe von Gefässen der Form Fig. 110. Das mit Wasser angemachte Schmirgelmehl läuft durch die ganze Reihe in langsamem Strom, in jedem Gefässe um die Scheidewand *b* herum, unten in *a* setzt sich der gröbere Schmirgel ab, das Feine läuft mit der Trübe in das nächste Gefäss. Jedes folgende Gefäss enthält weniger Grobes und mehr Trübe, der obere Theil wird daher immer grösser, der untere immer kleiner.

Schmirgel.

Fig. 110.



Bei dem Schleifen mit Schmirgel ist die Anwendung der Maschinenkraft am misslichsten, und auch am spätesten aufgenommen worden. Früher geschah es ausschliesslich von Hand durch Arbeiterinnen, weil dabei zuviel auf das Urtheil der letztern ankam. Heutzutage ist die Hauptarbeit dieses Schliffs zwar ebenfalls der Maschine zugetheilt, aber die letzte Vollendung verbleibt immer noch der Handarbeit vorbehalten. Die Tafel soll in keiner Weise mehr Glasdicke verlieren, nur feinstes Korn erhalten; man lässt deshalb die Maschine nur leicht angreifen und zieht es vor, die zurückgebliebenen Stellen dann von Hand nachzuholen.

Poliren und Polirmittel.

Beim Poliren läuft nicht Glas auf Glas, das Polirmittel wird vielmehr mittelst lederner Kissen feucht aufgerieben und die Bewegung wieder ausschliesslich von Maschinen betrieben. Das übliche Polirmittel ist das Polirroth, auch „*Colcothar*", „*Engelroth*", „*caput mortuum*", in den böhmischen und bairischen Hütten „*Potée*" *) genannt. Man gewinnt es durch Glühen von Eisenvitriol von den Niederschlägen, die sich in Vitriollaugen bilden und aus basischen Verbindungen des Eisenoxyds mit Schwefelsäure bestehen („*Vitriolschmant*"); auch durch Glühen von oxalsaurem Eisenoxydul (Vogel). Diese Glühprodukte sind im Wesentlichen nur Eisenoxyd, aber ihre Eigenschaft beruht nicht sowohl in dem chemischen Bestande, als vielmehr in dem physikalischen Zustande und gewissen Nebenumständen. Erhitzt man z. B. frisch gefälltes Eisenoxydhydrat so weit, dass es eben sein Wasser verliert, so hat es noch keine Wirkung, weiter erhitzt wird es Polirmittel, noch stärker geglüht ein Schleifmittel; denn es verdichtet sich mit steigender Hitze mehr und mehr unter stufenweiser Zunahme der Härte, ballt aber auch mehr und mehr zusammen. Beim Ausglühen der genannten Eisenverbindungen kommt es daher auf einen gewissen, schwer zu treffenden Hitzegrad und auf Gleichmässigkeit dieses Hitzegrades an. Weil man nicht hindern kann, dass stellenweise die Hitze zu hoch steigt, ist eine sorgfältige Schlämmung nöthig und ein gutes Polirroth so schwer zu treffen, dass es oft theuer bezahlt wird. Die Zersetzung des oxalsauren Eisenoxyduls durch Erhitzen beginnt mit 200° C. und endigt bei nicht viel höherer Temperatur; es findet dabei Entwickelung von Kohlensäure sowie Aufnahme von Sauerstoff statt, so dass das gebildete Eisenoxyd nach dieser Bereitung am meisten zertheilt und am wenigsten überhitzt ausfällt. Auch ein tadelloses Polirroth greift nicht unter allen Umständen gleich gut an. Die Spiegelschleifer des Böhmerwaldes probiren die aus Vitriolschmant gewonnene Potée nach dem Geschmack auf der Zunge. Es scheint darnach, dass ein kleiner Rückstand von unzersetztem Vitriol den Angriff beim Poliren befördert. Unzweifelhaft sind Adhäsionsverhältnisse der benetzenden Flüssigkeit im Spiele, die den Angriff mehr oder weniger befördern, etwa so wie ein mit Wasser benetzter Bohrer das Glas schlecht,

*) Potée franz., eigentlich Zinnasche, die ebenfalls zum Poliren dient; hier auf das Polirroth übertragene Bezeichnung.

ein mit Terpentinöl benetzter ohne Vergleich besser angreift. Der Einwand, dass das Polirroth sich einigermassen in die Poren der Glasfläche einreibt und ihm einen gewissen bräunlich gelben Stich ertheilt, scheint wenigstens für die Ausübung der Spiegelhütten nicht von Belang.

Diejenigen geschliffenen und polirten Gläser, die zu Fensterbekleidung u. s. w. gebraucht werden, sind nunmehr Handelswaare. Die zu Spiegeln bestimmten müssen noch mit dem sogenannten Beleg versehen werden, ebenso wie die geblasenen Spiegeltafeln.

Belegen.

Eine Platte von polirtem Silber ist der vollkommenste Spiegel, aber ohne Dauer, insofern das Metall an der Luft braun und schwarz anläuft. Bedeckt man die polirte Silberfläche mit einer geschliffenen und polirten Glastafel, so geht das Spiegelbild nach wie vor vom Metall aus, wird aber durch das Glas gesehen, und man kann dem Spiegel durch Dichten der Randfugen zu seiner Trefflichkeit auch Dauer verleihen. Derart sind in der That die Spiegel in den Ankleidezimmern vornehmer Frauen. Unter der Bezeichnung „*Beleg*“ im weitern Sinne versteht man das Ueberziehen einer Fläche des polirten Glases mit einer dünnen, festanhaftenden Schicht eines weissen Metalls; indem der metallische Ueberzug sich dicht an die Glasfläche anlegt, wird er zum Abbild derselben und nimmt eine ebene polirte Oberfläche an, die vom Glase dicht und ohne Zwischenraum bedeckt ist. Der eigentliche Spiegel ist die blanke Metallfläche, das Glas bildet die schützende Decke gegen das Anlaufen, etwa wie ein Firniss. Das auf der Metallfläche zu Stande kommende Bild wird durch das Glas hindurch, aber wegen Form und Politur des letztern, unverändert und unverzerrt gesehen. In Wahrheit erscheinen jederzeit zwei Bilder, neben dem lichtstarken der Metallfläche noch ein sehr lichtschwaches der äussern Glasfläche, welches man gewöhnlich übersieht. Der Metallüberzug bei den fabrikmässig erzeugten Spiegeln ist entweder der Beleg im engern Sinne mit Zinnamalgam, oder durch Niederschlag erzeugte Versilberung.

Amalgam. Der Beleg mit Zinnamalgam ist durchaus herrschend, Spiegel mit Versilberung von beschränkter Anwendung. Zinn in Quecksilber gebracht, zergeht darin; es geht mit dem Quecksilber eine Verbindung ein, die sich in dem Ueberschuss dieses Metalles wie ein Niederschlag zertheilt und darin schwebend erhält. Presst man die Mischung durch Leder, so geht das meiste Quecksilber durch, die Verbindung bleibt mit einem kleinern Antheil salbenartig auf dem Leder zurück, wie ein feuchter Niederschlag auf dem Filter. Die salbenartige Masse ist ausgezeichnet bildsam wie Thon. Bleibt sie an der Luft liegen, so verdunstet das ungebundene Quecksilber allmählich, bis zuletzt das Amalgam als fester trockener Körper zurückbleibt. Mit der Verwandtschaft der beiden Metalle hängt es zusammen, dass das Zinn ausnehmend leicht von dem Quecksilber benetzt wird, wie Holz von Wasser. Ein Tropfen Quecksilber auf Zinn gebracht

bildet keine Kugeln, wie auf Glas oder Eisen, sondern breitet sich leicht und gern über die Oberfläche aus. Giesst man Quecksilber auf eine flach ausgebreitete Zinntafel, so genügt das Ueberfahren mit der Fahne einer Feder oder dergleichen, um die Fläche des Zinns mit Quecksilber zu überziehen. Auf einer so behandelten Zinntafel bleibt das Quecksilber, wenn man noch mehr aufgiesst, mehrere Linien hoch stehen, denn es hat zur Zinnfläche eine sehr grosse, gar keine Adhäsion zur begrenzenden Tischfläche. Auf diesen Erscheinungen beruht nun das Belegen der Spiegel.

Folie.

Als Material dient neben dem Quecksilber in dünne Bleche gewalztes oder geschlagenes Zinn. Solche Bleche, soweit sie zum Verpacken, Verschluss von Flaschen und dergleichen dienen, heissen in der Geschäftssprache „*Stanniol*", die zum Spiegelbeleg bestimmten heissen „*Folie*" *). Man zieht es vor, zu beiden nicht reines Zinn, sondern ein Zinn zu nehmen, welches kleine Mengen anderer Metalle, namentlich Kupfer und Blei, nebenbei Eisen, auch wohl Nickel und Wismuth enthält. Stölzel fand z. B. in einigen Proben:

	Folie.			Stanniol.
	I.	II.	III.	
Zinn	97,60	97,81	98,47	96,21
Kupfer . . .	2,16	1,23	0,38	0,95
Blei	0,04	0,76	0,84	2,41
Eisen	0,11	0,10	0,12	0,09
Wismuth . .	Spur	—	—	—
Nickel . . .	—	—	—	0,29
	99,91	99,90	99,81	99,95

Beleg mit Amalgam.

Diese Beimengungen machen das Zinn härter und zäher, Folie und Stanniol weniger geneigt zum Reissen, also bequemer und sicherer zu handhaben. Die Folie wird für kleine Spiegel schwächer, für grosse stärker geliefert; so wiegt z. B. 1 Quadratdecimeter für eine kleinere Sorte geblasener Spiegel (sogenanntes Judenmass) 4,2 Grm., für derartige ganz grosse (von 1,7 Meter Höhe) 54,7 Grm. Zum Belegen gehört ferner ein Tisch von angemessener Grösse, dessen Blatt aus einem Material bestehen muss, welches nicht von Quecksilber benetzt wird (Gusseisen, Schiefer, Marmor, Kehlheimer Platte), vollkommen eben und glatt und so an einem Charnier auf dem Gestell befestigt ist, dass es unter beliebigen Winkeln geneigt und mittelst einer Stellschraube gehalten werden kann. Ringsum die Platte, etwas tiefer als diese, läuft ein dicht anschliessender Rahmen, der eine Rinne zum Aufsammeln des Quecksilbers bildet und dieses in ein untergesetztes Gefäss ableitet. Auf das wagerecht eingestellte, sorgfältig gereinigte Tischblatt breitet man zuerst ein Blatt Folie aus und streicht es mit einem mit weichem Zeuge umwickelten Stabe oder einer

*) Stanniol, Verkleinerungsform von lat. *stannum*, das Zinn; Folie von lat. *folium*, das Blatt.

Beleg mit Amalgam.

weichen Bürste so aus, dass es allenthalben glatt und faltenlos aufliegt. Die Folie wird hierauf mit Quecksilber versehen und zwar auf zweimal. Zuerst giesst man wenig Quecksilber auf und breitet dieses mittelst eines mit zartem Papier umwickelten Lineals sanft streichend über die Folie, bis es diese allseitig und gleichmässig benetzt; alsdann giesst man so viel Quecksilber auf, als die Adhäsion der Folie zu tragen vermag, ohne dass es über deren Rand fliesst. Die Adhäsion ist so gross, dass die Folie zu einem Spiegel von 3 Quadratmeter schon etwa 100 Kilogramm Quecksilber trägt; es verbreitet sich von selbst über die benetzte Folie in einer Schicht von beiläufig $^1/_2$ Centimeter und darüber, stärker als die zu belegende Glastafel. Die Lage der Dinge ist zu diesem Zeitpunkte die folgende: die Zinnfolie bildet mit einem Antheil des aufgetragenen Quecksilbers alsbald eine Schicht Amalgam unmittelbar auf dem Tischblatte, darüber steht die Masse des übrigen Quecksilbers, die allenfalls dicht über dem Amalgam etwas weniges, oberhalb gar kein Zinn enthält. Die weitere Aufgabe besteht nun darin, die Spiegeltafel auf das blanke Metall aufzubringen, einerseits ohne das weiche und lockere Amalgam zu verschieben oder seinen Zusammenhang zu verletzen, andererseits ohne Zwischenlagerung von irgend Unreinigkeiten. Sowohl das Glas als das Quecksilber erschweren diese Aufgabe, jedes nach seiner Art. Die rein abgespülte Glastafel, weil sie durch das Trockenwischen unvermeidlich etwas elekrisch wird und die feinen, überall in der Luft schwebenden Staubtheilchen anzieht; das Quecksilber, weil es durch Oxydation an der Luft sich mit einer blinden, grauen Haut überzieht. Der Kunstgriff, um die Quecksilberhaut sowie den Staub auf dem Glase, ausserdem auch Luftblasen, eins wie das andere auszuschliessen, besteht nun darin, dass man die Haut auf dem Quecksilber am Rande etwas zurückschiebt und die Glastafel mit der vordern Kante in das Quecksilber einführt, aber so, dass sie sich stetig zwischen der Haut auf der Oberfläche und der Amalgamschicht am Boden vorschiebt, ohne dass die Kante der Tafel jemals über die Oberfläche hervorkommt, noch das Amalgam berührt. Das Glas gleitet dabei und zwar dicht vor dem Eintritt in das Quecksilber, über einen untergehaltenen weichen Wischer, der die letzten Staubtheilchen von der zu belegenden Fläche wegnimmt. Ist die Glastafel auf diese Weise völlig eingeschoben, so schwimmt sie auf dem Quecksilber und zwar in einigem Abstande über dem Amalgam und erscheint sofort als vollkommener Spiegel, aber bis dahin nur vermöge des flüssigen Quecksilbers auf dem sie schwimmt, nicht aber durch eine anliegende Schicht von festem Amalgam; von dem Belegtische abgehoben, würde sie wieder eine blosse Glastafel sein. Es erübrigt natürlich noch, das überschüssige Quecksilber zwischen Glas und Amalgam fortzuschaffen, um das Glas auf die darunter befindliche Amalgamschicht niederzubringen. Das Gewicht der Glastafel reicht nicht hin, um mehr als einen Theil des Quecksilbers zum Ablaufen zu bringen. Man vertheilt daher eine Anzahl eiserner, mit Leder überzogener Gewichte auf der Oberfläche, vermehrt diese von Zeit zu Zeit und giebt

dem Belegtische eine allmählich gesteigerte Neigung, um das Abfliessen des Quecksilbers zu beschleunigen. Die frei schwimmende Glastafel kommt so nach und nach nieder auf die Amalgamschicht, diese haftet nun am Glase, aber vorläufig noch sehr lose. Nach vierundzwanzig Stunden kann man den Spiegel vom Belegtisch auf ein Gestell von Holz bringen, wo er anfangs in geneigter, dann in aufrechter Stellung verbleibt, bis das dem Amalgam noch anhaftende Quecksilber vollends abgelaufen. Der letzte Rest verliert sich endlich nach 8 bis 14 Tagen durch Verdunstung an der Luft. Erst dann erscheint das Amalgam trocken und fest auf dem Glase aufsitzend. Vorher ist es weich und äusserst leicht auf der glatten Glasfläche verschieblich; Vorsicht, Behutsamkeit, stufenweises Vorschreiten sind deshalb wichtige Bedingungen. Wo das Quecksilber zu rasch abläuft, ist Gefahr, dass es Amalgam mit fortschwemmt, namentlich in der aufrechten Stellung sind einzelne Tropfen Quecksilber in diesem Sinne gefährlich und erzeugen sogenannte „*Würmer*“. Nie darf die Tafel an der belegten Seite angefasst oder berührt werden. Ueber den Belegtisch spannt man eine Decke von Wachstuch aus, um das Herabfallen von Staub, Kalk etc. von der Zimmerdecke zu verhindern. Das Anlaufen der Glastafeln durch feuchte Witterung, durch schwitzende Hände der Arbeiter oder wenn sie zu kalt ins Belegzimmer gebracht, macht das Belegen unmöglich. Beleg mit Amalgam.

Eine Probe des trocknen Belegs eines mehrere Jahre alten Spiegels ergab bei der Analyse:

Zinn	Quecksilber	Blei		
77,21	22,15	0,52	=	99,89 Gewichtstheile.

Es lässt sich nicht hindern, dass beim Belegen sich etwas Quecksilber verläuft, unter den Fussböden in Lachen ansammelt; an den Wischern zum Ausbreiten des Metalls auf der Folie bildet fein zertheiltes, zum Theil oxydirtes Quecksilber einen schwarzen Staub, von den Arbeitern „*Gift*“ genannt. Unter diesen Umständen verbreitet sich Quecksilber als Dampf und als Staub in der Luft und wird in beiden Formen leicht durch die Athemwerkzeuge und die Haut in den Körper aufgenommen. Bei schlechtem Luftwechsel der Werkstätten unterliegen daher empfängliche Naturen zuweilen der Quecksilbervergiftung. Die giftige Beschaffenheit der Luft kann leicht an jungen Blattpflanzen erkannt werden, die unter dem Einflusse des Quecksilberdampfes alsbald die grüne Farbe verlieren und absterben (Boussingault). Als ein vorzügliches Mittel gegen dieses Uebel werden Schwefelblüthen (Boussingault), auf Horden ausgebreitet, zu Respiratoren etc. empfohlen. Der Schwefel zieht die Quecksilberdämpfe unter Bildung von Schwefelmetall an. Schädlichkeit.

Bei der Schädlichkeit, die das Belegen mit Zinnamalgam zwar keineswegs immer und bei allen, aber doch stets in einer Anzahl von Fällen *) bethätigt hat, war es begreiflich, dass man mit Beeiferung nach einem Versilberung.

*) In Fürth bei Nürnberg kamen im Durchschnitt jährlich 15 Fälle von Mercurialkrankheiten im Hospital zur Behandlung.

Versilberung; Ersatzmittel griff. Ein solches bot die durch Drayton aufgebrachte Versilberung des Glases, die durch Leichtigkeit der Ausführung und Billigkeit bei gänzlicher Unschädlichkeit grosse Vortheile in Aussicht stellte, namentlich nachdem Liebig gezeigt hatte, dass eine solche Versilberung ohne Schwierigkeit auf grosse Flächen ausführbar ist. Die Versilberung besteht in der Niederschlagung von Silber aus seinen Lösungen in Gestalt einer äusserst dünnen, glänzenden, zusammenhängenden Haut. Zur Versilberung nach Liebig bedarf man:

nach Liebig.

a. Eine Lösung von geschmolzenem salpetersaurem Silber in 10 Thln. destillirtem Wasser.

b. Eine neutrale Lösung von salpetersaurem Ammoniak in Wasser von der Dichte = 1,115.

c. Eine Lösung von reinem kohlensaurem Natron in Wasser von dem specifischen Gewicht 1,050.

Durch Vermischen von 14 Volum der Lösung (a.) mit 10 Vol. der Lösung (b.) und 75 Vol. der Lösung (c.) erhält man die „*Versilberungsmischung*".

Weiterhin sollen 50 Grm. weissester Zucker als dünner Syrup gelöst mit 3,1 Grm. Weinsäure eine Stunde lang gekocht und die entstandene Lösung von Traubenzucker mit 500 Cubikcentimeter Wasser verdünnt werden (d.). Ferner übergiesst man 2,857 Grm. trocknes weinsaures Kupfer mit Wasser und setzt so lange Natronlauge zu, bis das Kupfersalz sich gelöst hat, worauf man die Lösung auf 500 Cubikcentimeter verdünnt (e.).

Durch Zusammengiessen von gleichen Volumen der Zuckerlösung (d.) und der Kupferlösung (e.) mit 8 Vol. Wasser erhält man die „*Reductionsmischung*".

Zur Versilberung stellt man die aufs Sorgfältigste gereinigten Glastafeln aufrecht in Kästen, die man mit obigen Flüssigkeiten anfüllt, indem man 50 Vol. der Versilberungsmischung in einem besondern Gefässe mit etwa 300 Grm. Wasser verdünnt und dann 10 Vol. der Reductionsmischung zusetzt. Die auf solche Art in der Kälte nach einigen Stunden entstehenden Silberbelege sollen auf 1 Quadratmeter nicht mehr als 3,5 Grm. Silber wiegen. Es hängt mit besonderen Adhäsionswirkungen zusammen, dass nur bei Gegenwart von Kupfer gelungene Absätze von Silberbeleg zu erwarten sind. Die versilberten Spiegel sind auf der Belegseite zur Schonung des Silbers noch mit Kupfer galvanisch zu überziehen.

nach Petitjean. Anders ist das Verfahren von Petitjean, wonach die reinen Glastafeln genau wagerecht gelegt und mit einer sehr verdünnten Auflösung von weinsaurem Silberammoniak übergossen werden. Man erhitzt nun langsam auf ungefähr 50° C., worauf sich das Silber absetzt. Die Lösung erhält man durch Zusatz von salpetersaurem Silber zu Weinsäure und leichtem Uebersättigen mit Ammoniak. Der Ueberzug von 1 Quadratmeter Spiegelfläche wiegt 7 bis 8 Grm.

Den beiden genannten, noch am meisten entsprechenden Verfahren von Liebig und von Petitjean folgte eine lange Reihe von anderen

geringeren Werthes. — Die Erwartungen, die man an die Versilberung der Spiegel knüpfte, haben sich nur unvollkommen erfüllt, als man zum Betriebe im grossen Massstabe vorschritt. Bei den kleineren Spiegeln gelang es nur schwer, die Versilberung eben so billig wie Amalgambeleg herzustellen; eine andere sehr missliche Seite besteht in der Neigung der versilberten Spiegel, oft erst längere Zeit nach der Herstellung kleine Flecken anzunehmen, die sich allmählich vergrössern und dann in Farben spielen. Dem Wettbewerb mit den Amalgamspiegeln scheinen die Silberspiegel bis jetzt nicht völlig gewachsen.

Bleikrystall.

Die Bezeichnung „Krystall“ für gewisse Gattungen in der Glasmacherkunst enthält sehr deutliche Hinweisung auf das Bestreben, ein dem Bergkrystall gleiches oder ähnliches Product zu erzeugen. Neben dem böhmischen Krystall, von dem bereits oben die Rede war, ist dies auch der Bleikrystall, wenigstens in den edelsten Sorten. Der Begriff ist gegenwärtig sehr ausgedehnt, und ebenso wie das bleifreie Hohlglas vom gewöhnlichen zum feinsten Krystall sich abstuft, so veredelt sich auch der Bleikrystall vom gemeinen Hausgeräth bis zum kostbarsten Luxusglase. Allgemeines.

In gleicher Weise, wie etwa das Puddeln im Eisenhüttenwesen, so ist die Fabrikation von bleihaltigem Glas in den Glashütten aus der Einführung der Steinkohle in diesen Betrieb hervorgegangen. Nachdem dies, und zwar zuerst in England, angeblich durch R. Mansell 1635 geschehen, musste man sehr bald die Erfahrung machen, dass das Glas in den Oefen der herkömmlichen Einrichtung mit offenen Häfen weit schlechter ausfiel, als früher bei Holzbetrieb. Die fette, rauchende Steinkohlenflamme ertheilte dem Glase eine bei der klaren und reinen Flamme des Holzes nicht gekannte Missfarbe. Im Kampfe mit dieser Schwierigkeit und in der richtigen Erkenntniss der unmittelbaren Ursache, suchte man die Berührung der russenden Flamme mit dem Glase abzuschneiden und erfand die bedeckten Häfen mit Hals. Damit war der obschwebende Uebelstand beseitigt, aber ein neuer hinzugekommen. Indem das Feuer nunmehr nur mittelbar durch die dicke, schlechtleitende Thonwand der Häfen hindurch wirkte, brachte man ungeachtet der höhern Heizkraft der Steinkohle nicht mehr die volle Schmelzhitze zu Wege, das Glas wollte nicht mehr in den rechten Fluss kommen. Strengflüssige Glassorten, wie z. B. der böhmische Krystall, sind unter solchen Umständen ganz unschmelzbar. Ein zweiter Schritt war nöthig, um den ersten zu ergänzen, man war gezwungen, zu leichtflüssigeren Sätzen überzugehen. Der Versuch einer Vermehrung der alkalischen Flussmittel scheiterte daran, dass das Glas nicht minder missfarbig ausfiel als durch die Steinkohle, nur in anderer Art. So kam man zuletzt darauf, unter Verminderung des Alkalis das Bleioxyd als Flussmittel zuzuziehen, und mittelst dieses allerdings gerade nicht wohlfeilen

Flussmittels die Natur des Glases derjenigen des Brennstoffs anzupassen. Diese Neuerung kam immerhin nicht vor Ende des siebenzehnten Jahrhunderts in allgemeinen Gebrauch. Seitdem versteht man in England unter „*Flintglas*" *) ausschliesslich das mit Bleioxyd geschmolzene Hohl- und Krystallglas. Das Gleiche gilt von Frankreich und von Belgien, woselbst diese Gattung ebenfalls, aber erst mit Beginn dieses Jahrhunderts sich eingebürgert hat. In Deutschland, wo schon sehr früh, nemlich im sechszehnten Jahrhundert, Versuche vorkamen, die Steinkohle im Glasbetriebe einzuführen, hat demungeachtet die Fabrikation von Bleikrystall wenig Fuss gefasst und ist bis heute wegen des Wettbetriebes mit dem bleifreien Krystall des holzreichen Böhmens und weil man an billigere Preise gewöhnt ist, als sie bei Bleikrystall möglich sind, unbedeutend geblieben.

Eigenschaften. Die Eigenschaften des bleihaltigen Glases weichen stark von denen des bleifreien ab, aber meist zu Gunsten des Betriebes. Vor Allen ist der Bleikrystall leichtflüssig, er bedarf zu seiner Herstellung einer mässigen Temperatur, also auch unter sonst gleichen Bedingungen weniger Brennstoff. Im geschmolzenen Zustande erkaltend, geht er nur sehr allmählich in den festen Zustand über, ebenso allmählich in den flüssigen, wenn er als starres Glas erhitzt wird; er besitzt in ausgezeichnetem Grade die Fähigkeit, bei Temperaturen unterhalb seines eigentlichen Schmelzpunktes jenen zähen, dehnbaren Zustand anzunehmen, der die Verarbeitung im Feuer so sehr erleichtert. Dieser zähe Zustand, in welchem er das bleifreie Glas weit übertrifft, tritt schon sehr früh, nemlich mit der eben sichtbar werdenden Rothglut ein. — Es gelingt nur schwer oder kaum, dem Bleikrystall jenen Grad von Farblosigkeit zu geben, die den böhmischen Krystall auszeichnet. Kieselsaures Bleioxyd an sich ist kein farbloses, sondern ein gelbes Glas, und dieser gelbe Ton wird in dem Krystall durch die Beimischung von Alkali nur bis ins Unmerkliche gebleicht, schwer völlig beseitigt. Unter gewissen Umständen nimmt das bleihaltige Glas ausserdem einen düstern, ins Grauliche ziehenden, sehr unangenehmen Ton an. Gewöhnlich führt man diese Erscheinung auf eine reducirende Wirkung der Flamme und auf die bekannte Beobachtung zurück, dass Stäbe und Röhren von bleihaltigem Glas vor der Glasbläserlampe sich mit einer schwarzgrauen, undurchsichtigen, metallisch glänzenden Haut überziehen. Der Ueberzug scheint in der That metallisches Blei zu sein; er verschwindet sofort unter schmelzendem Salpeter. Die Erscheinung erklärt sich jedoch so einfach aus der reducirenden Wirkung der Flamme nicht, denn sie tritt vor der Glasbläserlampe unter allen Umständen, auch in der äussersten Oxydationsflamme, ein, dagegen kommt das Glas stets blank und rein, wenn man es im Schmelztiegel unter Kohle, also in einer Atmosphäre von Kohlenoxyd schmilzt. — Eine andere her-

*) „Flint" = Feuerstein, der auch im Deutschen ursprünglich Flint hiess; Flintglas = Feuersteinglas, weil man in England früher das feinere Hohlglas mit Feuerstein schmolz.

vorstechende Eigenschaft des bleihaltigen Glases ist die Leichtigkeit und Intensität seiner Färbung durch Metalloxyde. Sie macht einerseits den Bleikrystall zu einem trefflichen Material für gefärbte Gläser, erschwert aber auch die Herstellung von farblosem Glase, denn schon einige Tausendstel Kupfer- und Eisenoxyd z. B. geben störende, braungelbe und grüne Farbentöne. — Der Bleikrystall ist im mineralogischen Sinne weicher als gewöhnliches Glas; er steht insofern weniger gegen Reibung und Abnutzung beim Gebrauch, ist aber wiederum weit leichter zu schleifen und daher viel geeigneter zu geschliffenen Waaren, namentlich auch insofern sein starkes Vermögen das Licht zu brechen, dem Ansehen solcher Waaren sehr förderlich ist. — Zu den Vorzügen des Bleikrystalls gehört noch, dass er neben grösserer Weichheit auch weniger spröde ist als bleifreies Glas. — Der Angriff bleihaltiger Gläser gegen die Masse der Häfen ist stärker als bei bleifreien Gläsern, wird aber wieder um Vieles ermässigt durch die niedere Schmelzhitze.

Die Rohstoffe, aus denen man den Bleikrystall zusammenschmilzt, sind in der Hauptsache drei: Quarz, Mennige und Potasche. Die Empfindlichkeit des bleihaltigen Glases gegen färbende Stoffe zwingt zur grössten Sorgfalt in Bezug auf die Auswahl und Reinheit der Rohstoffe. Als Quarz scheint der Feuerstein schon nicht mehr zu entsprechen, wenigstens zieht man überall reinen Quarzsand vor, der sich übrigens nur an wenigen Orten in einer für diese Glasgattung brauchbaren Beschaffenheit vorfindet, so auf der Insel Wight in England, zu Fontainebleau, zu Nemours und Epernay in Frankreich; selbst von Amerika bezieht man Sand. Woher man den Sand auch nehmen mag, unter allen Umständen ist eine sorgsame Aufbereitung auf nassem Wege durch Waschen unerlässlich, sowohl um organische Substanzen, als auch thonige und namentlich eisenhaltige Beimengungen zu beseitigen. — In Bezug auf die Mennige ist bereits Seite 27 das Nöthige gesagt. Sie führt fast immer etwas Kupfer bei sich, und so gering der Gehalt an diesem Metall ist, so ist er doch hinreichend, um der Reinheit der Farbe zu schaden. Auswahl der reinsten Bleiglätten zur Herstellung der Mennige, sowie passender Zusatz von Entfärbungsmitteln, dienen zur Beseitigung oder Minderung des Fehlers. — Die Thatsache, dass die käuflichen Natronsalze (nicht bloss Glaubersalz, sondern auch die Soda, selbst die krystallisirte) weniger farblose Gläser geben als die Kalisalze, ist der Grund, warum in der Fabrikation von Bleikrystall — der bedeutend höheren Gestehungskosten ungeachtet — die letzteren, und zwar der Hauptsache nach als Potasche, ausschliesslich Anwendung finden. Potaschen mit Gehalt an Aetzkali sind nicht geeignet, ebenso ist der Gehalt an schwefelsaurem Kali, an Eisen und organischer Substanz nachtheilig. Gereinigte Potasche ist daher am zweckmässigsten *). Rohstoffe.

*) Ein billigeres Glas durch Ersatz von ein Drittel gereinigter Potasche durch Soda (entwässerte krystallisirte) zu erzielen, ist zwar eine Zeitlang versucht, aber wegen ungünstiger Färbung des Glases später wieder aufgegeben.

Unter den Entfärbungsmitteln leistet der Braunstein die besten Dienste, gute Qualität und umsichtige Anwendung vorausgesetzt. Vor Allem ist der Zusatz von Braunstein, bei der starken Empfänglichkeit des Glases für Färbung sehr mässig zu halten. Wie alle Gläser, so ist auch der Bleikrystall in den Häfen geneigt, sich ungleich zu färben, wenn man den Braunstein dem ganzen Satz zugiebt. Bei dem hohen specifischen Gewichte des Bleikrystalls fällt diese Färbung in den oberen Schichten stärker, gegen den Boden schwächer aus. Mengt man dagegen den Braunstein mit der Mennige allein vor ihrer Zufügung zu dem Satze, so ist die Wirkung gleichmässig; es entsteht, wenn man den Zusatz von Braunstein richtig getroffen hat, ein leichter Stich ins Violette durch das ganze Glas, der sein Ansehen erhöht. Nickeloxyd, hin und wieder als Entfärbungsmittel versucht, entspricht wegen des düstern bräunlichen Tons, den es dem Glase giebt, weniger. Dagegen ist der Ersatz von einem Theil der gereinigten Potasche durch Kalisalpeter zu empfehlen.

Schmelzen. Die Vorschriften zu Bleikrystall spielen im Allgemeinen mit einigen Schwankungen auf und ab, um das Verhältniss: 3 Gewthle. Quarz, 2 Gewthle. Mennige und 1 Gewthl. gereinigte Potasche.

Nach Hinzufügung der Reinigungsmittel und der Glasbrocken kann nachstehender Satz in abgerundeten Zahlen als Durchschnitt gelten:

Sand	100 Pfund
Mennige	67 „
Gereinigte Potasche . . .	28 bis 30 „
Kalisalpeter	3 bis 5 „
Braunstein	25 Grm.
Glasbrocken	160 Pfund
zusammen	385 bis 387 Pfund

In Deutschland hat man auch wohl ein kalkhaltiges Bleiglas als billigeres Material versucht, z. B. auf 100 Gewthle. Sand 37½ Thle. Mennige, 5 Thle. Kalk und 25 Thle. Potasche (Schür).

Das von den Pfeifen beim Ausarbeiten abgeschlagene Glas kann wegen des daranhaftenden Eisenglühspans nicht oder doch erst nach vorhergegangener Handscheidung mit dem Hammer verwendet werden.

Satz. Das Schmelzen von Bleikrystall hat nicht minder wie das Schmelzen der übrigen Glassorten in den letzten Jahrzehnten mancherlei Verbesserungen erfahren. Nach dem Uebergange der Fabrikation von Bleikrystall von England auf den Continent schmolz man daselbst (noch einige Zeit mit Holz) in Oefen mit 10 bis 12 Häfen und zwar mit ungebührlichem Aufwande an Zeit und Brennstoff, indem das Glas in der Hälfte der Häfen eingeschmolzen, dann aus diesen mit Löffeln in die übrigen Häfen übergeschöpft, darin geläutert und ausgearbeitet wurde. Nach wenigen Jahren fiel auch auf dem Continent, wie in England, die Fabrikation von Bleikrystall der Steinkohle anheim, man hat das kostspielige Ueberschöpfen verlassen, und macht das Glas in einem und demselben

aber viel geräumigern Hafen fertig. Dennoch bestehen sehr wesentliche Unterschiede zwischen dem Schmelzen der bleifreien Gläser und des Bleikrystalls, die zumeist aus dem Gebrauche von bedeckten Häfen fliessen. Trotz der Leichtflüssigkeit des Bleikrystalls ist man nicht im Stande, den Inhalt der bis zu 10 Centner fassenden Häfen, wie bei dem gewöhnlichen Glas, in 12 Stunden blank zu schmelzen; man braucht nie unter 18, oft bis 24 Stunden Zeit vom Einlegen bis zum Ausarbeiten. Dazu kommt, dass der Bleikrystall überwiegend zu kleineren Artikeln, Hausgeräthen, wie Trinkgläsern, Flaschen etc., verarbeitet wird, die Ausarbeitung mithin im Ganzen viel Zeit in Anspruch nimmt. Insofern die Arbeitsöffnung durch den Hals des Hafens, Fig. 6, geschlossen ist, kann das Aufwärmen der Arbeitsstücke nicht unmittelbar im Flammfeuer des Ofens, sondern nur in dem freien Raume unter der Kuppel des Hafens durch seinen Hals geschehen. Während des Ausarbeitens bietet der Hafen der kalten Luft freien Zutritt, ist aber zugleich überall gegen die unmittelbare Wirkung des umgebenden Feuers geschlossen. So kommt es, dass die Temperatur in einem Hafen mit offenem Hals um ein beträchtliches niedriger ist, als in dem daneben stehenden Hafen mit geschlossenem Hals. Andrerseits ist, der Natur des Bleiglases gemäss, der Abstand zwischen der Temperatur, die es zum Schmelzen bedarf und der Temperatur die es beim Ausarbeiten haben muss, ungleich geringer als bei allen anderen Glasgattungen. In demselben Ofen bei gleicher Hitze lässt sich daher Bleikrystall gleichzeitig im geschlossenen Hafen schmelzen, in dem offenen ausarbeiten. Schmelzen.

Im Zusammenhange mit diesen Folgen von der Anwendung bedeckter Häfen findet bei dem üblichen Betriebe der Oefen für Bleikrystall keine Trennung in die zwei Perioden des Schmelzens und Ausarbeitens, wie bei dem gewöhnlichen Glase, statt; beides geht vielmehr ununterbrochen neben einander her, so dass stets einige Häfen im Ausarbeiten und zu gleicher Zeit andere im Schmelzen stehen. Sobald ein Hafen ausgearbeitet und leer geworden, schliesst man die Arbeitsöffnung mit einem Deckel und lässt den Hafen in diesem Zustande zur Wiedererlangung der höhern Temperatur eine Stunde lang leer stehen, worauf das Eintragen, und zwar auf zweimal beginnt. Das erste Mal füllt man den Satz, weil bei dem geschlossenen Hafen ein Uebersteigen nicht zu befürchten ist, bis unter die Kuppel und setzt den Deckel wieder auf. Nach Ablauf von 8 bis 9 Stunden ist diese erste Einlage niedergeschmolzen; es folgt der Rest des Satzes. Um die Wärme noch besser zusammenzuhalten und den zur Läuterung erforderlichen Hitzgrad zu erzielen, genügt der blosse Verschluss mit dem Deckel nicht, man verstreicht vielmehr die Oeffnung auch noch von aussen dicht mit einer Schicht Lehm. Der Satz ist in der Regel 10 bis 12 Stunden nach dem zweiten Einlegen blank und bis auf das Ausarbeiten fertig.

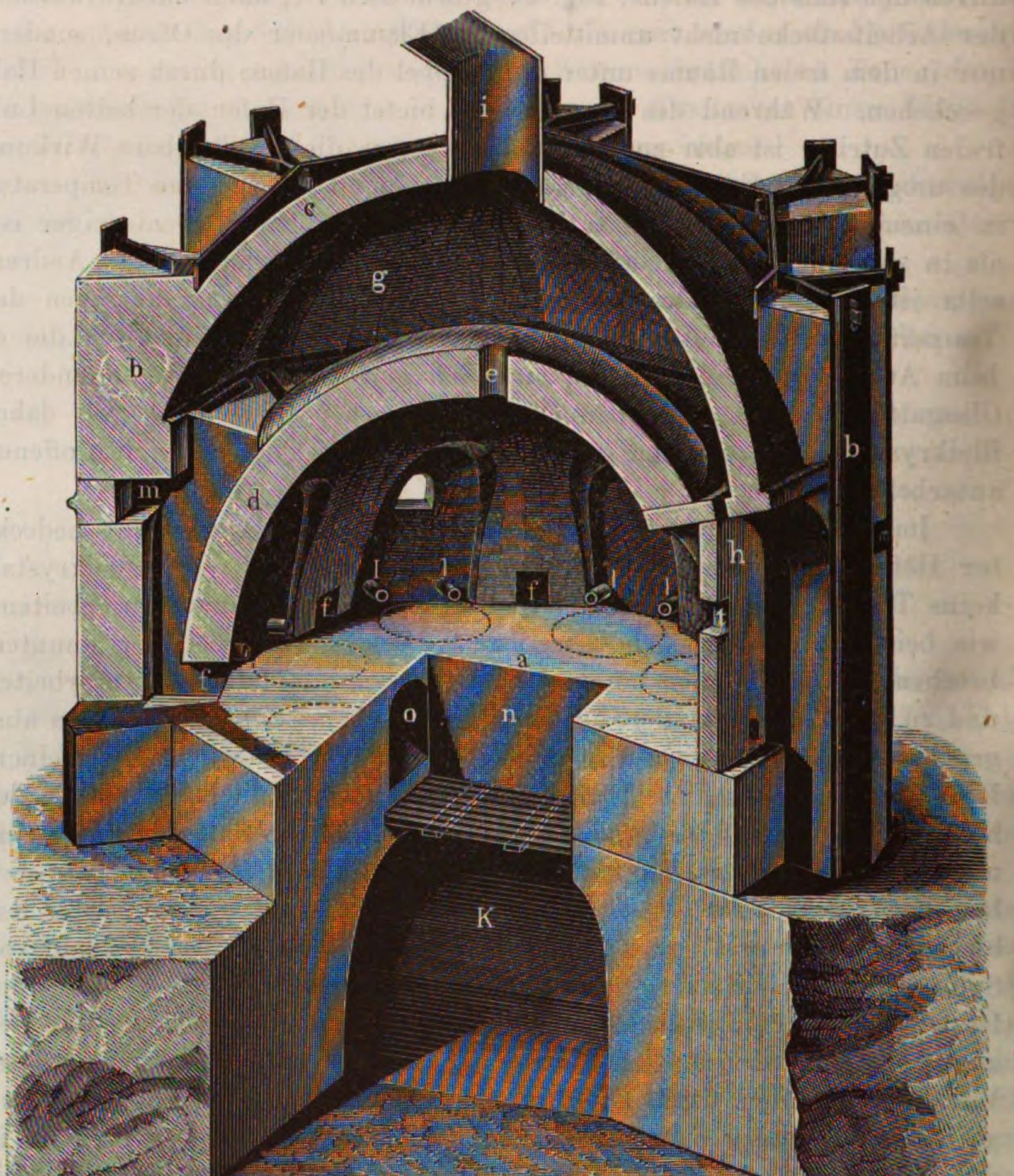
Die Abkühlung der Glashäfen mit Kuppel und Hals beim Ausarbeiten ist so stark, dass die Temperatur oft sogar zum Blasen des Glases

kaum mehr zureicht. Man macht daher häufig bei Bleikrystall von der schon früher erwähnten, in England üblichen Massregel Gebrauch, das eigentliche Ausarbeiten auf einen besondern Nebenofen zu verweisen. Die schädliche Abkühlung wird damit wesentlich gemindert, denn man kann alsdann den Hafenhals bis auf eine kleine Oeffnung zum Aufnehmen des Glases schliessen. Ohnehin kommen hier und da Arbeitsstücke vor, deren Ausdehnung die Weite des Halses übertrifft.

Oefen; mit bedeckten Häfen.

Die Fig. 111 giebt einen Bleikrystallofen (im Durchschnitt nach einer gebrochenen Linie) von einer in England sehr gewöhnlichen Form. Der

Fig. 111.



Ofen ist von der Seite 47 beschriebenen Gattung für sieben Häfen, rund, von 2,7 Meter lichter Weite, mit zwei Gewölben über einander, der Rost

in der Mitte mit ringsumlaufenden Bänken. Das Ofengebäude wird von sieben Pfeilern *b b* getragen, diese wieder von einer Rüstung aus Eisenschienen zusammengehalten. Zwischen je zwei Pfeilern befindet sich ein Hafenthor *h* mit der Oeffnung *t t* für den Hafenhals und zwei Thonröhren *l l* am untern Theil zum Anwärmen der Pfeifen. Jedes der sieben Hafenthore entspricht einem Hafen. Die Häfen, von 1,2 Meter Höhe bei entsprechender Weite, sind in der Abbildung weggelassen, aber die Stellen, die sie auf den Bänken einnehmen, mit punktirten Kreisen bezeichnet. In der Mitte zwischen den Häfen befindet sich die Pipe *a* mit dem Rost *n*, 0,9 Meter lang und halb so breit. Der Rost liegt über dem durch das Fundament gehenden Gewölbe *k* und wird von zwei gegenüberstehenden Oeffnungen *o* aus mit Kohlen beschickt. Der Zug geht von unten auf, von dem Gewölbe *K* durch den Rost *n* und die mit Kohlen erfüllte Pipe *a*, von welcher aus das Flammenfeuer sich unter der eigentlichen Ofenkuppel *d* verbreitet. Aus dieser Kuppel geht die Flamme der gehörigen Vertheilung und gleichmässigen Erhitzung der Häfen wegen, in zweierlei Richtung weiter: ein kleinerer Theil geht durch die eng gehaltene Oeffnung *e* (von 10 Centimeter Weite) im Scheitel der Kuppel *d*, der grössere Theil durch sieben Füchse *f*, *f*, *f* am Fusse des Gewölbes (von 15 Centimeter im Geviert mit der Putzöffnung *m*). Aus sämmtlichen acht Ausgängen sammelt sich die Flamme in dem Zwischenraum zwischen der Kuppel *d* des Ofens und dem äussern Gewölbe *c*; von da entweicht sie durch das Abzugsrohr *i* nach einem Kamin. Zum Schutz der Arbeiter ist über jedem Hafenthor *h* ein Schlitz zur Ableitung der heissen Luft angebracht, der ebenfalls in den Raum zwischen den beiden Gewölben mündet. — Die Höhe der Bank ist 0,6, die des Scheitels der Kuppel über der Bank 1,4 Meter; der Abstand der Kuppel über dem Gewölbe im Scheitel 8, am Fuss 4,5 Decimeter. Oefen; mit bedeckten Häfen.

Man rechnet auf einen Ofen, wie der beschriebene, 400 bis gegen 500 Ctr. Steinkohle in einer Woche und vier Schmelzungen in jedem Hafen, zuweilen mehr, z. B. neun Schmelzen in zwei Wochen. Es hängt dies von der Natur der erzeugten Waare ab, kleine Artikel halten länger auf als grosse. Indem jene auch mehr Abfall geben als diese, wechselt die Menge fertiger verkäuflicher Waaren, die eine Schmelze liefert, oft beträchtlich. Sie kann auf eine Beschickung von 500 Kilogramm Satz für den Hafen auf 240 Kilogramm sinken und auf 300 Kilogramm steigen. Je nach diesen wechselnden Umständen erfordert 1 Gewthl. fertiger Glaswaaren von $2^1/_2$- bis zum 4fachen Gewicht an Steinkohle zur Herstellung.

Neuerdings ist es mehrfach gelungen, durch Verbesserungen in der Feuerung der Oefen, namentlich durch die Einführung des Betriebs mit Heitzgasen und mit den Siemens'schen Regeneratoren eine reinere Flamme zu erzielen und zu den offenen Häfen zurückzukehren. Mit den geschlossenen Häfen fielen auch die damit zusammenhängende Form des Betriebs und trat die gewöhnliche Betriebsweise wieder ein, wonach Schmelzzeit und Ausarbeiten gleichzeitig für alle Häfen in regelmässigem Wechsel auf einander folgen. mit offenen Häfen.

Ausarbeiten in Formen.

Das Ausarbeiten ist in nichts Wesentlichem von dem des gewöhnlichen Hohlglases verschieden; insofern jedoch der Bleikrystall, wie der böhmische Krystall, das Hauptmaterial zu Schleifglas, also auch zum Blasen in zusammengesetzten Formen vorzugsweise abgiebt, ist hier der Ort zu näherer Erläuterung dieses Gegenstandes. Die Formen sind von Metall, fast immer von Messing und sorgfältig gearbeitet. Kommt das Glas zu heiss in die Form und wird in Folge davon das Metall selbst zu heiss, so tritt Gefahr ein, dass das Glas daran festhaftet; ist das Glas beim Einführen in die Form zu kalt, so kann natürlich kein scharfer Abdruck erfolgen. Die Aufmerksamkeit des Arbeiters muss daher stets darauf gerichtet sein, das Glas mit einer passenden Temperatur zwischen beiden äussersten Grenzen in die Form einzuführen. Nur ganz offene, flache Waaren werden *„gepresst"*, Hohlwaaren immer in der Form geblasen. Ist die Gestalt des Gegenstandes in der Art frei von Ausladungen und Unterschneidungen, dass er ohne Hinderniss aus der Form herausgeht, wie Fig. 112, so ist die Form eintheilig. Im entgegengesetzten Falle ist die Form

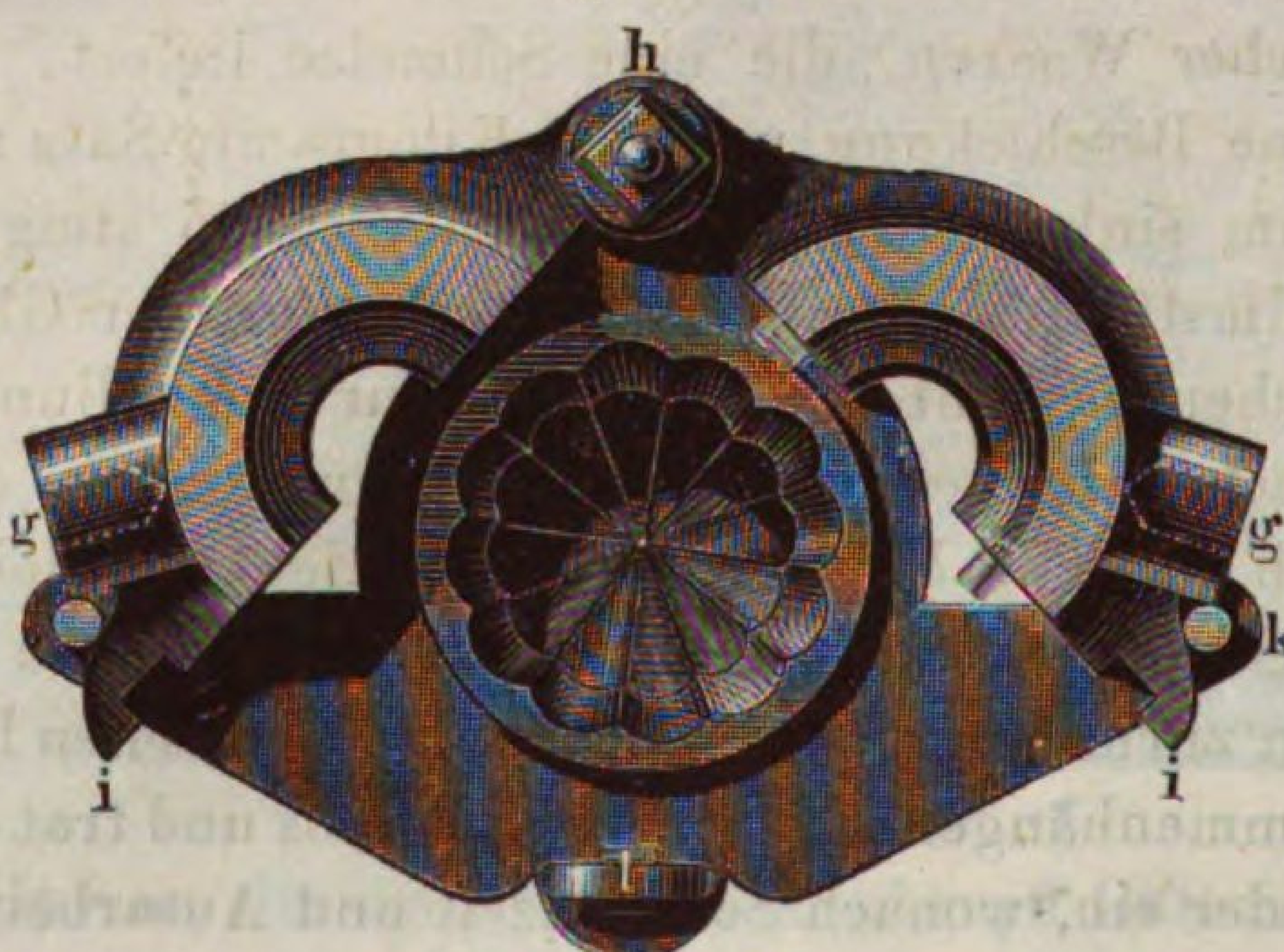
Fig. 112.



Fig. 113.



Fig. 114.



entweder zweitheilig zum Auseinanderklappen, oder, wie bei einer sogenannten „Karaffe", Figuren 113, 114, 115, dreitheilig. Der untere Theil *A* formt den Boden und Bauch, wie im vorhergehenden Beispiel und ist aus einem Stück, der obere Theil *B*, aus zwei Stücken zum Aufklappen, formt den Hals. Die beiden Flügel drehen

sich um das Scharnier *h* und werden beim Einführen und Herausnehmen des Arbeitsstückes mittelst zweier in die Muffen *g g* eingeschobener Holzgriffe aufgeklappt, bis sie an den Stiften *k k* anliegen. Nach der Einführung des Kölbchens *f* in die Form klappt man die Flügel zu und klemmt sie mit den unter die Flügelschraube *l m* reichenden Enden *i i* fest. Beim Einblasen legt sich dann das Glas allseitig dicht an die Form an. Bei der Neigung des Glases, sich mehr über als in der Form auszublasen, giebt man der Form oft noch den Deckel *c d*, Fig. 115, um das Austreten des Glases zu verhindern. Beim Anfangen also der Herstellung des Kölbchens muss natürlich gesorgt sein, dass nach der Behandlung in der Form die gehörige Stärke der Wand (wegen des nachfolgenden Schleifens), namentlich aber auch des Bodens erfolgt. **Ausarbeiten in Formen.**

Ein scharfer Abdruck der Form erfordert ein sehr kräftiges Einblasen von Luft in die Pfeife und ist insofern für die Athemwerkzeuge **Piston Robinet.**

Fig. 115.

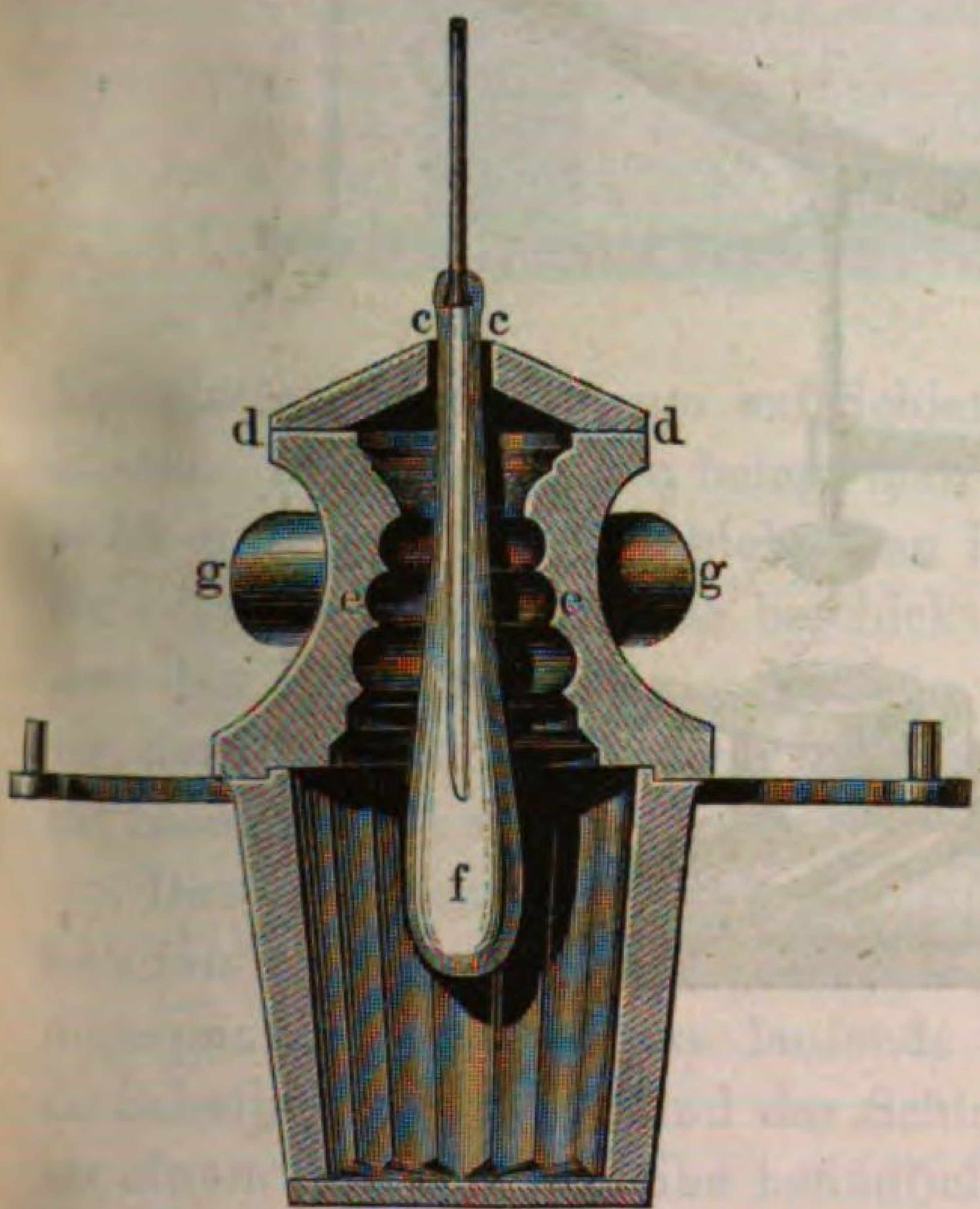
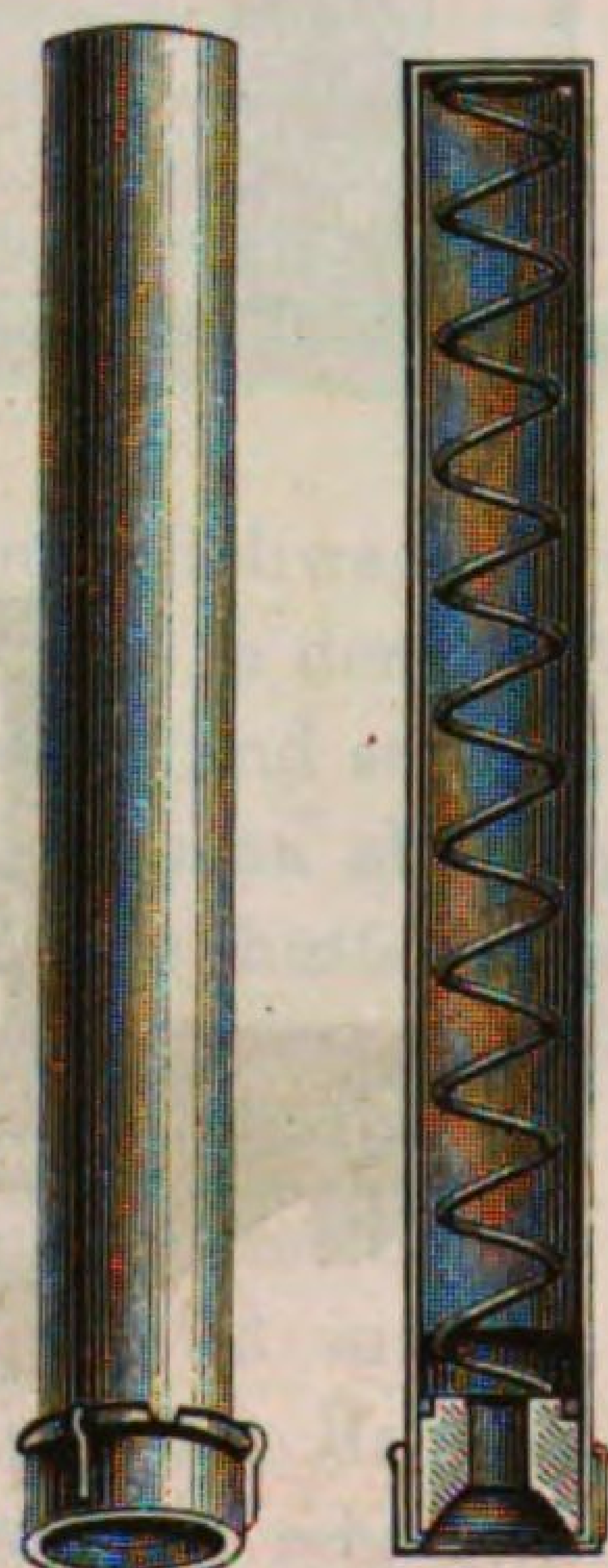


Fig. 116.

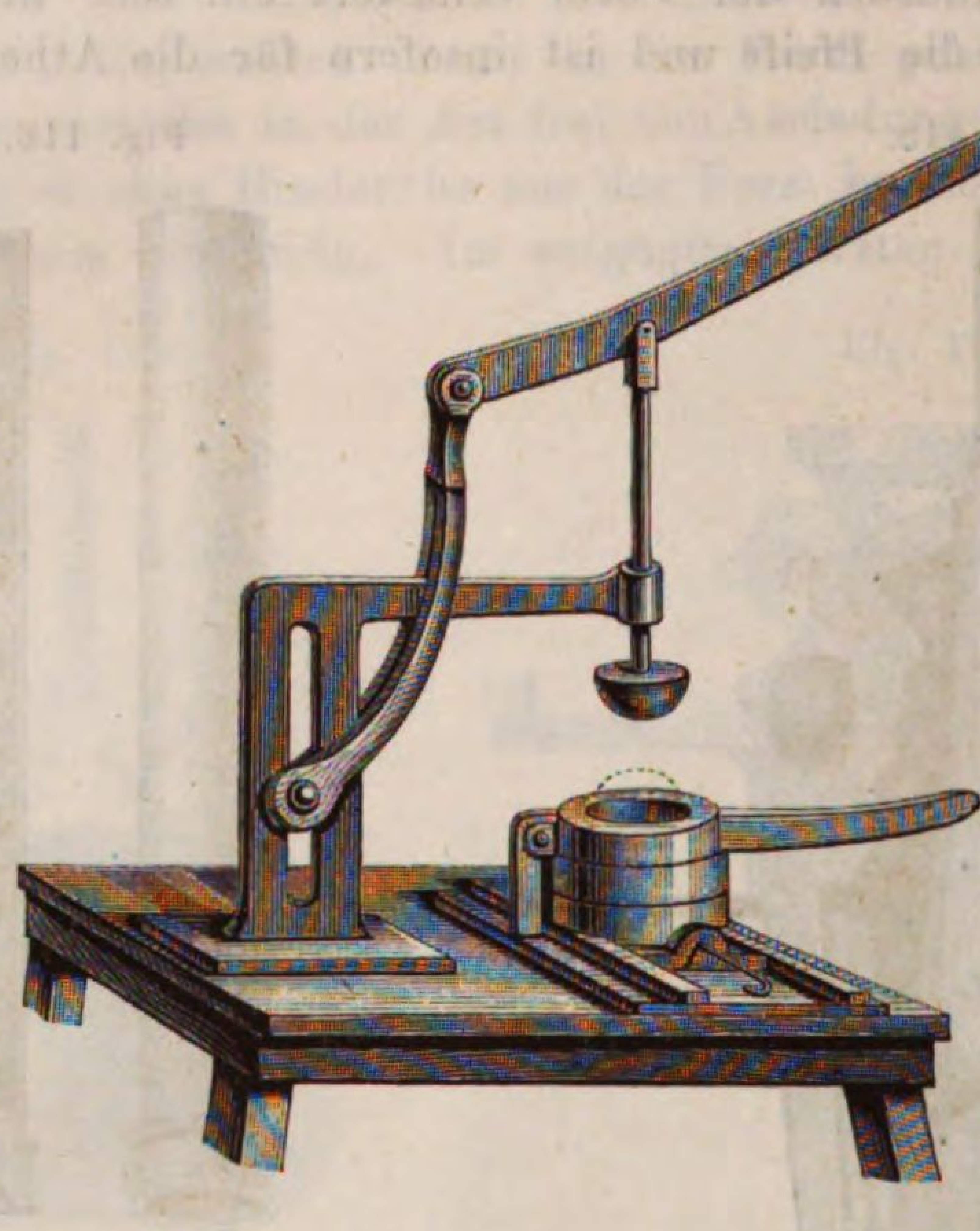


beschwerlich und schädlich, um so mehr, als bei dem Formen dickwandige Gegenstände die Regel sind. In Frankreich ist zur Schonung der Arbeiter eine kleine Handdruckpumpe aufgekommen, welche nach ihrem Erfinder (einem Glasbläser) unter dem Namen „*piston Robinet*“ bekannt ist, Fig. 116. In einem oben geschlossenen Stiefel von Weissblech, 40 Centimeter lang und 8 Centimeter weit, bewegt sich ein hölzerner, durchbohrter Kolben gegen eine Spiralfeder. Setzt man den Kolben mit seiner mit Leder gefütterten Oeffnung auf die Mündung der Pfeife und drückt den Stiefel rasch über die Pfeife herab, so wird der Kolben, in dem sich die Spiralfeder zusammenlegt, in den Stiefel eingetrieben und die gewaltsam eingepresste Luft durch die Pfeife in das Arbeitsstück gelangen. Nimmt man

das Werkzeug nach dem Auftreiben des Arbeitsstückes weg, so schnellt Feder und Kolben zurück und die Pumpe ist wieder mit Luft gefüllt. Am offenen Ende ist ein Ansatz mit Bajonnetschluss zum Auseinandernehmen des Ganzen.

Pressen. Zum Pressen, d. h. zum Formen in Messingformen ohne Blasen durch blossen Druck, eignen sich natürlich nur offene und flache Gegenstände. Die Form besteht aus der Mutter und dem Kern, welche beide oder nur eines das eingravirte Muster enthalten. Das mit der Pfeife aus dem Hafen entnommene Glas lässt man auf die Mutterform ablaufen, schneidet es mit der Scheere von der Pfeife und setzt dann den Kern unter kräftigem aber stetigem Druck auf. Die ohne Weiteres verständliche Fig. 117

Fig. 117.



giebt die Vorrichtung wieder, der man sich dabei bedient. Der Kern ist an einem Hebel mit Senkrechtführung, die Mutterform auf einem Schieber befestigt, um sie unter dem Kern wegzurücken. Zur bequemern Herausnahme des gepressten Gegenstandes ist die obere Hälfte der Mutterform zum Aufklappen an einem Handgriffe. Von Zeit zu Zeit übergeht man die Form, die ausserdem nicht zu heiss werden darf, mit etwas Wachs.

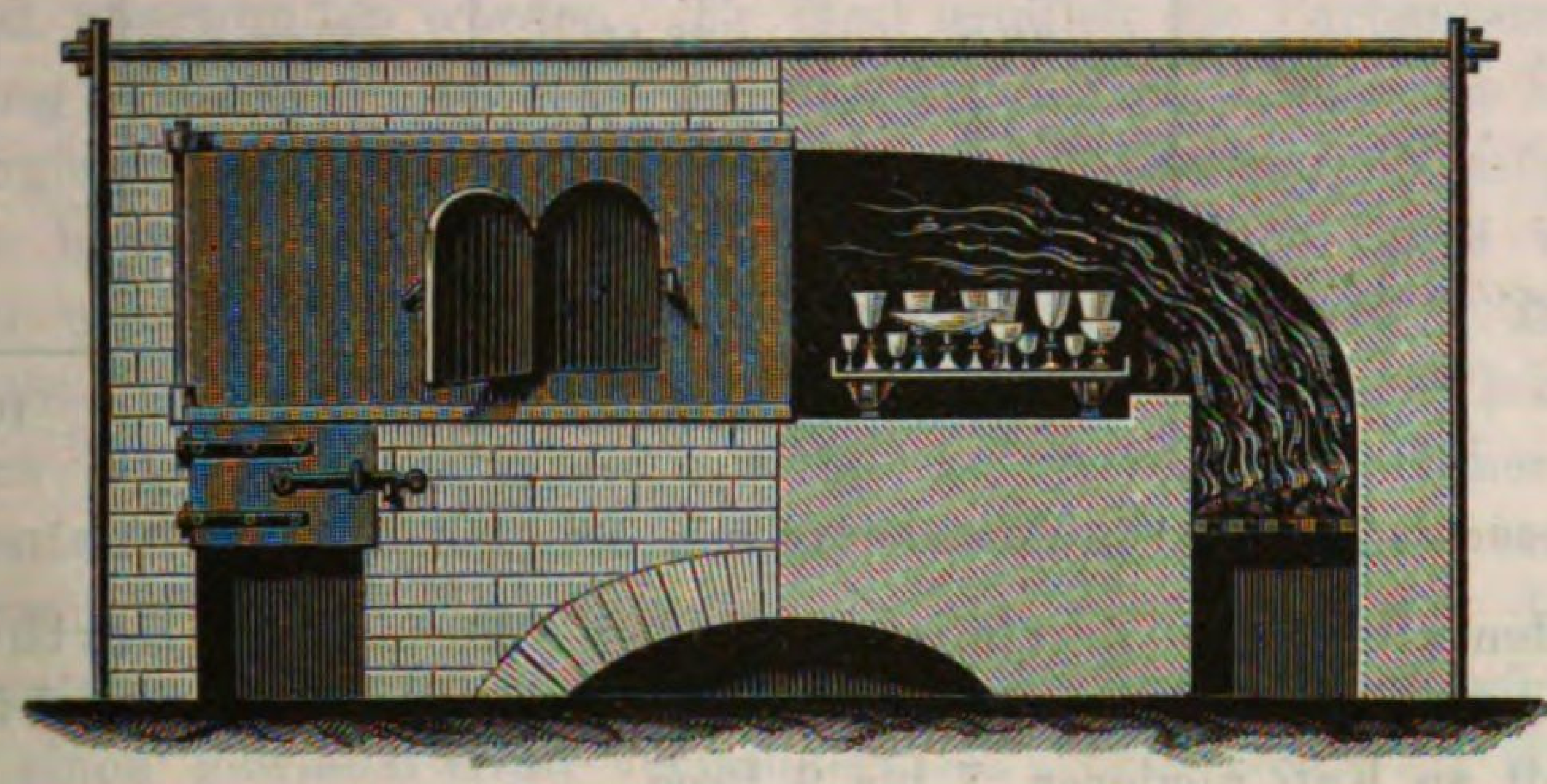
Die Oberfläche der Waaren, wie sie aus der Form kommen, ist von etwas mattem Spiegel und wenig ansprechend. Das Mittel, den Spiegel so zu verbessern, wie man ihn an den verkäuflichen in Formen geblasenen aber ungeschliffenen, sowie an den gepressten Waaren heutzutage oft bewundert, ist ein höchst einfaches, nemlich ein Aufwärmen der aus der

Form genommenen Artikel, indem man sie an ein Bindeisen heftet und so lange in die Arbeitsöffnung hält, bis die Oberfläche erweicht und das glatte Ansehen des geblasenen Glases annimmt. Allerdings leidet das Stück, während es an Spiegel und Glanz gewinnt, einigermassen durch Abstumpfung der Kanten.

Kühlöfen.

Die fertigen Glaswaaren kommen nach dem Kühlofen, dem man gewöhnlich die zweckmässige Form, Fig. 118, als Flammofen mit zwei Feuerungen giebt. Die Vorderseite desselben ist ohne Wand, nur mit grossen

Fig. 118.



Eisenplatten zugestellt, um auf Schienen laufende Rollwagen einsetzen zu können. Diese Rollwagen belegt man durch Thüren in den Vorstellplatten, so oft einer gefüllt ist, schiebt man ihn rückwärts und setzt einen leeren ein. Ist der ganze Ofen so beschickt, so schliesst man alle Zugänge und lässt das Feuer ausgehen. Auch in den Bleikrystallhütten zieht man es vor, den Kühlofen nicht mehr an den Glasofen anzuhängen, sondern lieber mit besonderer Feuerung zwischen zwei Glasöfen aufzustellen.

Schleifen und Poliren.

Das Schleifen des Krystalls zerfällt in das Rauhschleifen, das Klarschleifen und das Poliren. Das Werkzeug dazu sind in eine Drehbank eingespannte, um ihre Axe laufende Scheiben. Zum Rauhschleifen sind die Scheiben von Eisen und das Schleifmittel grober scharfer Sand, der aus einem über der Scheibe befindlichen Trichter mit Wasser angemacht, als Brei herabtropft. Zum Klarschleifen hat man ähnliche Scheiben mit Schmirgel (auch wohl Zinkgrau), in Böhmen meist eine besondere Art von Schleifsteinen von zartem Korn, welche von umherziehenden Händlern verkauft werden. Zum Poliren dienen Holzscheiben mit oder ohne Filzüberzug, als Polirmittel Englischroth (Potée), Tripel, Zinnasche. Auch Zinkweiss soll sich vortrefflich zum Poliren eignen, namentlich dem Glas nicht jenen düstern bräunlichen Stich ertheilen, wie die eisenhaltigen Polirmittel.

Chemischer Bestand des Bleikrystalls.

Der chemische Bestand des Bleikrystalls der heutigen Fabrikation beweist, wie aus nachstehenden Analysen ersichtlich, dass man (abgesehen von dem Halbkrystall) so ziemlich überall auf gleiche Vorschriften zurückgekommen ist:

Chemischer Bestand des Bleikrystalls.

	Französisch		Englisch	Deutsch
	? ?	von Baccarat		Schür's Halbkrystall
	Lampenzuggglas	Benrath	Faraday	Benrath
Kieselerde	48,1	50,18	51,93	65,5
Bleioxyd	38,0	38,11	33,28	16,0
Kali	12,5	11,61	13,67	9,4
Kalk	0,6	—	—	9,1
Rest *)	0,5	0,04	—	—
	99,7	99,94	98,88	100,0

*) Thonerde, Eisenoxyd, Manganoxyd.

In den älteren Bleikrystallen nach den Analysen von Berthier und Dumas war der Gehalt an Kieselerde meist höher, bis zu 56 und 59 Proc., der Gehalt an Kali niederer, 7 bis 9 Proc.

Optisches Glas.

Geschichtliches.

Seitdem aus der Erfindung der Brillen (um das Jahr 1300) die der Fernröhre (16. Jahrhundert) hervorgegangen, hat man sich Mühe gegeben, anfangs das dafür passendste Glas, wie es der Betrieb mit sich brachte, aufzusuchen, später ein möglichst geeignetes Glas eigens zu erzeugen. Der Bedarf an solchem Glas ist durch gewisse Verbesserungen der Fernröhre (Achromatismus), die sie erst recht brauchbar machte, namentlich aber durch die Erfindung der Photographie bedeutend und von Wichtigkeit geworden. Die Eigenschaft, der man bei dem Aufsuchen eines guten Materials zu optischen Zwecken nachging, war das Brechungsvermögen des Glases. Dieses Vermögen hängt mit der Dichte des Glases zusammen, die bei den bleihaltigen Gläsern am höchsten ist. So war es natürlich, dass man sich mit dem Aufkommen des Bleikrystalls, dessen Brechungsvermögen zu Nutze machte, worin er sämmtliche bekannten Gattungen des Glases übertraf. Die Erfahrung lehrte jedoch alsbald, dass der Bleikrystall sich auch zu seinen Ungunsten durch gewisse schlimme Eigenschaften auszeichne, insbesondere durch die Lichtzertreuung, durch zu ungleiche Dichte, durch Streifen und Wellen in seiner Masse.

Die bleihaltigen Gläser haben, was jenen ersten Fehler anbelangt, zwar eine starke lichtbrechende Kraft im Allgemeinen, aber diese Kraft ist auch für die verschiedenen Strahlen des Spectrums sehr ungleich. In-

dem diese einfachen Strahlen sehr ungleich gebrochen werden, findet eine Zerlegung des einfachen weissen Lichtes in seine farbigen Bestandtheile statt. Eine Linse aus bleihaltigem Glas giebt daher mehrere farbige Bilder, die nicht mehr genau in demselben Brennpunkt zusammentreffen; das Bild eines durch die Linse betrachteten Gegenstandes erscheint mit farbigen Rändern umgeben, die überhaupt, ganz besonders aber bei astronomischen und mikroskopischen Beobachtungen in hohem Grade störend sind. Diese schädliche Eigenschaft der Farbenzerstreuung ist bekanntlich durch eine Entdeckung des berühmten englischen Optikers Dollond überwunden worden. Er fand nemlich die Farbenzerstreuung, die streng genommen bei keiner Gattung von Glas fehlt, bei bleifreiem Glas ungleich geringer im Verhältniss zum Brechungsvermögen, als bei dem bleihaltigen. Er setzte daher eine bauchige Linse von Bleiglas und eine hohle Linse von bleifreiem Glas zusammen. Die hohle Linse hebt, vermöge ihrer entgegengesetzten Gestalt die Wirkung der bauchigen Linse auf, aber die Farbenzerstreuung weit früher als die lichtbrechende Kraft. Bei gehöriger Berechnung der Form lassen sich auf diesem Wege zusammengesetzte Linsen herstellen, bei denen die Farbenzerstreuung gänzlich aufgehoben, die lichtbrechende Kraft dagegen nur um einen gewissen Grad vermindert ist. Seit Dollond sind diese sogenannten „achromatischen" *) Linsen allgemein im Gebrauch. Zur Zeit dieses Optikers, in der zweiten Hälfte des vorigen Jahrhunderts, hatte man in England als bleihaltiges Glas nur den Bleikrystall, dort *„flintglass"* (Seite 166) genannt, und als bleifreies Glas nur das Tafelglas, in England unter dem Namen *„crownglass"* (Seite 177) bekannt. Seitdem sind diese Bezeichnungen in der Optik stehende Kunstausdrücke geworden und zur Bezeichnung des Gegensatzes von bleihaltigem und bleifreiem Glas in optischer Beziehung in den deutschen (und französischen) Sprachgebrauch übergegangen, obgleich die Natur der beiden Arten von Gläsern sich inzwischen bedeutend geändert hat. Als Crownglas verwendet man heutzutage nicht mehr Tafelglas, sondern das feinste und reinste Spiegelglas. Ebenso ist der ursprüngliche Bleikrystall durch Abänderung seines Bestandes, zum Zwecke einer höheren Entwicklung seiner optischen Eigenschaften, in eine verschiedene Gattung mit höherem Bleigehalt übergegangen; diese letztere Gattung ist es, die der heutige deutsche Sprachgebrauch ausschliesslich mit „Flintglas" bezeichnet, zunächst im Gegensatz zu dem Bleikrystall.

Farbenzerstreuung.

„Crown-" und „Flintglas".

Weniger glücklich als mit der Farbenzerstreuung war man mit der andern ungünstigen Eigenschaft des Bleiglases, mit seiner Neigung zu ungleicher Dichtigkeit in der Masse. Die Gestalt, die man dem Glase zu optischen Zwecken durch Schleifen ertheilt, kann den Zweck eines richtigen und scharfen Bildes der beobachteten Gegenstände nur unter der Voraussetzung einer durchaus gleichen lichtbrechenden Kraft, also auch durchaus

Ungleiche Dichte.

*) Achromatisch = farbenfrei.

Ungleiche Dichte.

gleichen Dichte, erfüllen. Nun bilden sich beim Einschmelzen von bleihaltigem Satze, indem die Kieselerde erst allmählich gebunden wird, anfangs mit Blei übersetzte, später weniger Blei haltende kieselerdereiche Gläser; jene streben wegen ihres höhern specifischen Gewichtes nach unten, diese als die leichteren nach oben. So entstehen Schichten im Glas, welche nach oben an Dichte und Brechbarkeit ab-, nach unten zunehmen. Dazu kommt, dass diese verschiedenen Schichten durch Umrühren u. s. w. nur äusserst schwierig zu einer völlig gleichmässigen Glasmasse zu mischen sind, und zwar um so schwieriger, je bleihaltiger das Glas. Statt sich in der Glasmasse gleichmässig aufzulösen, bilden die dichteren Theile Fäden, Linien, Streifen und Wellen, die sich durch das übrige hindurchziehen, und mit grosser Hartnäckigkeit erhalten. Derartiges Glas mit Fäden und Streifen durchzogen, kann natürlich nur ein verzerrtes Bild geben. Ist die Neigung des Flintglases zu dem Fehler der ungleichen Dichte auf der einen Seite gross, so schliessen ihn andererseits die Anforderungen der Optik eben so strenge aus. Ein zu gewöhnlichen Schleifwaaren, wie Pokale u. s. w., völlig fehlerfrei erscheinendes Glas kann sich dennoch durch die erst bei genauerer Prüfung wahrnehmbaren Streifen zu optischen Zwecken völlig unbrauchbar erweisen. Die Schwierigkeit, Glas von gleichmässiger Dichte zu erhalten, wächst natürlich mit dem Umfang der darzustellenden Linsen; für ein Brillenglas ist sie ganz und gar unerheblich, für Objective zu astronomischen Fernröhren von mehreren Zoll Durchmesser höchst beträchtlich. Noch im Jahre 1828 klagte Dollond, dass er in fünf Jahren kein tadelloses Stück Flintglas zu einem Objectiv von 10 Centimeter und in 10 Jahren keins zu einem Objectiv von 12,5 Centimeter habe auftreiben können.

Bis auf den heutigen Tag dreht sich die ganze Technik des Flintglases um die schwierige Kunst, völlig gleichmässige streifenfreie Glaskörper namentlich von einer den Anforderungen der Astronomie entsprechenden Grösse herzustellen. Alle in der praktischen Optik berühmte Namen sind mit der Lösung dieser Frage in Verbindung.

Leistung der Techniker.

In der That haben sich seit Dollond's (mit wesentlicher Unterstützung der Mathematiker Euler und Klingenstierna gemachter) Erfindung der achromatischen Linsen im Jahre 1753, verschiedene hervorragende Männer an jener Aufgabe betheiligt. Im Jahre 1811 legte d'Artigues der Akademie der Wissenschaften in Paris mehrere gelungene Linsen vor, aber ohne damit ein neues sicheres Verfahren zu begründen, und ohne die Sache weiter als Dollond zu fördern. Den wichtigsten Fortschritt verdankt man dem Uhrmacher Guinand aus Brenets bei Neufchatel durch Erfindung eines Werkzeugs zum Umrühren des Glases und gleichförmiger Mischung, unbeschadet seiner sonstigen Güte. — In München war eine mechanische Werkstätte für optische Instrumente von Utzschneider errichtet worden, die man 1807 unter der Oberleitung von Fraunhofer (geb. 1787, gest. 1826) nach Benedictbeuern verlegte. In den Kriegsjahren waren die optischen Gläser von England, woher man sie

anfangs bezog, nicht mehr zu erhalten, Fraunhofer fing daher an sie in seiner Anstalt selbst zu erzeugen. Grosse Schwierigkeiten tauchten auf, welche die ganze Ausdauer des berühmten Mannes herausforderten. Nachdem man eine zeitlang Guinand zugezogen hatte, gelang es, ein Objectiv von 22,5 Centimeter für die Sternwarte zu Dorpat zu erzielen, doch ohne genügende Sicherheit für die Folge. Als später G. Mertz hinzugetreten war, gelangte man weiter und lieferte mehrere bedeutende Objective, namentlich eines von 38 Centimeter für Pulkowa. Eben solche von 33 bis 35 Centimeter lieferte nachher Guinand in der Schweiz. Nach Guinand hat sich in Frankreich Bontemps *) dem Flintglasschmelzen gewidmet. Unter ihm, sowie nach Guinand's Tod (1851) unter dessen Nachfolgern Daguet und Feil (dem Enkel Guinand's) ist jedenfalls die Flintglasfabrikation in einen viel verlässigern Betrieb gekommen und mit mehr Sicherheit gehandhabt, als vorher. Der letztere hat 1870 der Akademie in Paris angeblich Stücke Flintglas von 25 bis 35 Kilogramm frei von allen Mängeln vorgelegt; dies ist das Gewicht von Scheiben zu Linsen von etwa 50 Centimeter. — Schliesslich sind die seiner Zeit wichtigen Studien zu erwähnen, welche Faraday als Mitglied einer Commission der Society of Arts in London im Jahre 1824 gemacht. Sie enthält wichtige Winke über die Natur und Herstellung des Flintglases. Einige daraus geflossene Anfänge und Vorschläge zu Verbesserungen wurden von Guinand überholt und blieben liegen.

Noch bis zur Stunde ist der Fortschritt der Astronomie ganz und gar von dem Fortschritt der Technik des Flintglases abhängig; weniger ist dies in Bezug auf das Crownglas der Fall.

Flintglas.

Wie sich aus dem Vorstehenden ergiebt, ist das Flintglas ein Bleikrystall von möglichst hoher Farblosigkeit, Reinheit und zum Zwecke höherer Dichte und hinreichenden Brechungsvermögens mit mehr Bleioxyd geschmolzen. Die Dichte soll für optische Zwecke nicht unter 3,1 bis 3,2 sein. Eben diesem Zwecke gegenüber kommen die auf das Material erwachsenden Kosten kaum in Betracht; Bezug der allerbesten Rohstoffe, sorgfältigste Reinigung durch alle zu Gebote stehenden Mittel sind daher nothwendige Voraussetzungen. Vermehrung des Versatzes mit Bleioxyd steigert zwar die Dichte des Glases, bewirkt aber auch einen gelben Stich. Dieser Stich fängt an zu erscheinen, wenn die Mennige Satz.

*) Er soll Scheiben zu Glaslinsen bis 55 Centimeter in regelmässiger Lieferung erzeugt und ein sicheres Verfahren befolgt haben, welches ihn angeblich in Stand setzte, dieselben zu 500 Frcs. anzubieten, während man sonst Linsen von 33 Centimeter, zu einer Zeit, wo ihr Gelingen noch sehr von der Gunst des Zufalls abhing, mit 40 000 Frcs. bezahlte.

Satz: ein Drittel von dem Gewichte des Satzes übersteigt; wenn er auch nicht von Allen unbedingt als Fehler betrachtet wird, so ist doch im Allgemeinen möglichste Farblosigkeit zu erstreben. Folgende sind die Sätze

Guinand's und Bontemps's; von Flintglas guter Meister:

	1.	2.	3.	4.
Quarz	100 Gwth.	— 100 Gwth.	— 100 Gwth.	— 100 Gwth.
Mennige	106 „	— 100 „	— 105 „	— 128 „
Gereinigte Potasche	43 „	— 21,5 „	— 20 „	— 18 „
Kalisalpeter	— „	— 5 „	— 5 „	— 7 „

Der Satz Nro. 1 ist der von Guinand seiner Zeit gebrauchte, dürfte aber bei dem starken Versatz mit Potasche ein zu weiches Glas liefern. Die folgenden Sätze sind von Bontemps und zwar Nro. 2 und 3 für astronomische Instrumente, Nro. 4 für Mikroskope. Die optisch wichtigen Eigenschaften der daraus geschmolzenen Gläser sind in Durchschnittswerthen:

	2.	3.	4.
Dichte	3,369	3,630	3,800
Index der Brechung	1,611	1,628	—
Index der Farbenzerstreuung	0,054	0,055	—

Faraday's; Auf ganz anderem Wege versuchte Faraday den Forderungen an brauchbares Flintglas gerecht zu werden. Er stellte zuerst aus Mennige und Quarz auf feuerigem Wege ein Bleisilicat dar, und versetzte dieses mit chemisch reinem salpetersaurem Blei und mit krystallisirter Borsäure. Er erhielt aus nachstehendem Satz aus diesen Zuthaten ein Flintglas von optischen Eigenschaften der beigefügten Werthe:

Bleisilicat	24 Gewth.	Dichte	5,440
Salpetersaures Blei	154 „	Brechungsindex	1,862 bis 1,915
Borsäure	42 „	Zerstreuungsindex	0,070

Ein ungewöhnlich hohes Brechungsvermögen ist allerdings erreicht, aber in einem zu einseitigen Streben nach dieser Eigenschaft ist der übrigen Beschaffenheit des Glases zu wenig Rechnung getragen. Bei der Ueberladung mit Bleioxyd kann das Glas nicht anders, als zu weich, sehr gefärbt und wenig haltbar erscheinen. Immerhin ist der Gedanke der Anwendung einer bleiischen Fritte sowie des salpetersauren Bleies beachtenswerth.

nach Merz. S. Merz in München will ein gutes Flintglas von gleichmässiger Dichte durch Zusammenschmelzen von Natronwasserglas mit Mennige erhalten haben. Kaliwasserglas dürfte in Bezug auf die Farbe vorzuziehen sein.

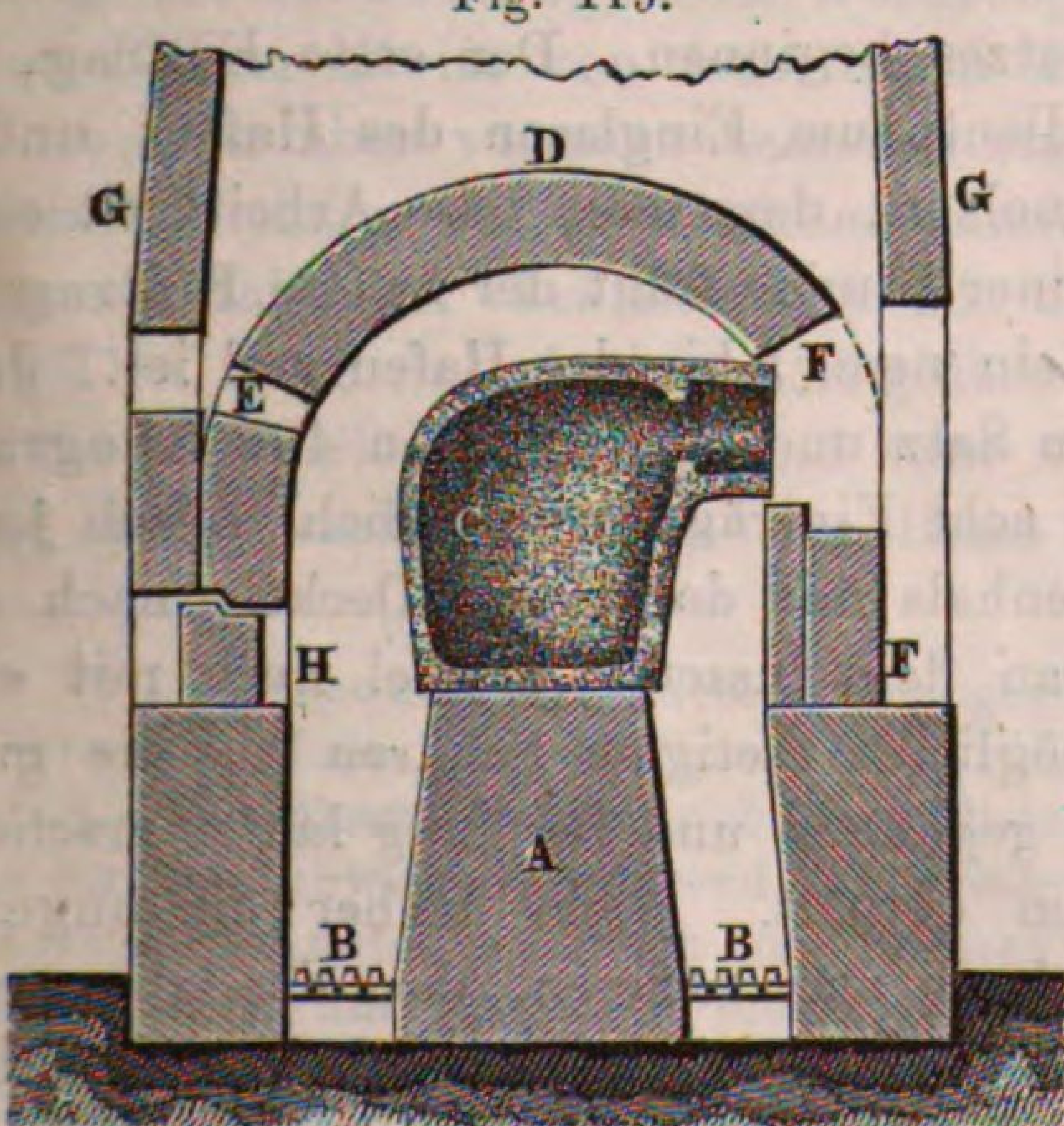
Vorausberechnung der optischen Eigenschaften.

Männer von Fach haben öfter den Gedanken gehegt, den Einfluss der Bestandtheile auf das optische Vermögen des Flintglases zu ermitteln, in der Absicht, die Mischung zu einem gewünschten Flintglas von bestimmten optischen Eigenschaften im Voraus durch Rechnung festzustellen. Aus einer Reihe von Schmelzungen mit steigendem Bleigehalt des Satzes von 16 Proc. bis 68 Proc. schloss S. Merz, dass die lichtbrechende wie die farbenzerstreuende Kraft des Glases mit steigendem Bleigehalt wachse; dass der Werth dieser Zunahme aber für bleireichere Gläser grösser, für weniger bleireiche kleiner sei; endlich, dass ein wachsender Bleigehalt auf die Farbenzerstreuung durchaus stärker einwirke als auf das Brechungsvermögen. Nun ist schon die Veränderung der Werthe für zunehmenden Bleigehalt nicht sonderlich regelmässig, der chemische Bestand des Glases nicht bloss von dem Satz, sondern auch vom Schmelzgange abhängig und zudem anerkannt, dass die optischen Eigenschaften des Glases keineswegs bloss von der chemischen, sondern auch von der physikalischen Beschaffenheit des Glases (der Abkühlung u. s. w.) abhängen. Vorausberechnungen jener Eigenschaften können daher nur annähernd zutreffen. Dagegen hat die Erfahrung gelehrt, dass kleine Aenderungen im Satze, selbst unbedeutende Abänderungen in Betrag der dem Satze zugefügten Brocken ein und derselben Beschaffenheit, sehr fühlbare Verschiebungen der optischen Eigenschaften des erzeugten Flintglases zur Folge haben. Dieser Umstand fällt namentlich da ins Gewicht, wo die Verfertiger von optischen Instrumenten bei dem Bezug des Flintglases eine bestimmte und gleichbleibende optische Natur voraussetzen und die übrigen Einrichtungen darauf begründet haben. Es sind daher dem Satz immer gleichviel Brocken gleicher Beschaffenheit zuzusetzen, oder die Brocken ganz wegzulassen.

Der Ofen.

Nur dadurch, dass man den Hafen sammt seinem ganzen Inhalt an Flintglas zu einem zusammenhängenden Block erkalten lässt, erhält man Platten von hinreichender Grösse und Gleichmässigkeit für optische Zwecke, eine regel- und gleichmässige Erkaltung vorausgesetzt. Aus diesem Grunde, sowie wegen der möglichst gleichförmigen Wirkung des Feuers von allen Seiten und weil Ersparnisse an Brennstoff und Arbeit untergeordnete Rücksichten sind, pflegt man das Flintglas überall in Oefen mit einem einzigen Hafen (Fig. 119) zu schmelzen. *A* ist die Bank, in Gestalt eines Pfeilers in

Fig. 119.



der Mitte des Ofens; am Fuss desselben in der Tiefe der kreisförmigen Tonnen liegen die Roste *B B*. Der Feuerraum ist von oben mit dem Gewölbe *D* geschlossen; da wo dieses Gewölbe an die Seitenwände stösst, befinden sich sechs im Umkreise gleich vertheilte Füchse *E*, *E*, durch welche die Flamme, ebenso gleichmässig vertheilt, in den als Kamin über Dach reichenden Ueberbau *G G* austritt, worin sich die Verbrennungsprodukte sammeln und von da in's Freie entweichen. *F F* ist das durch eine verlorene Mauer schliessbare Hafenthor. Der Hafen *C* (am Boden 6, an der weitesten Stelle 7 Decimeter im Durchmesser bei $5^1/_2$ Decimeter Höhe) mündet mit dem Halse in die verlorene Mauer des Hafenthores; gegenüber liegt das Glutloch *H* zum Aufbrechen des Hafens beim Herausnehmen. Auch bei Holzfeuerung ist es der Reinheit des Glases gegenüber immer zweckmässiger, nicht mit offenen, sondern mit bedeckten Häfen zu arbeiten, obwohl dies nicht immer stattfindet.

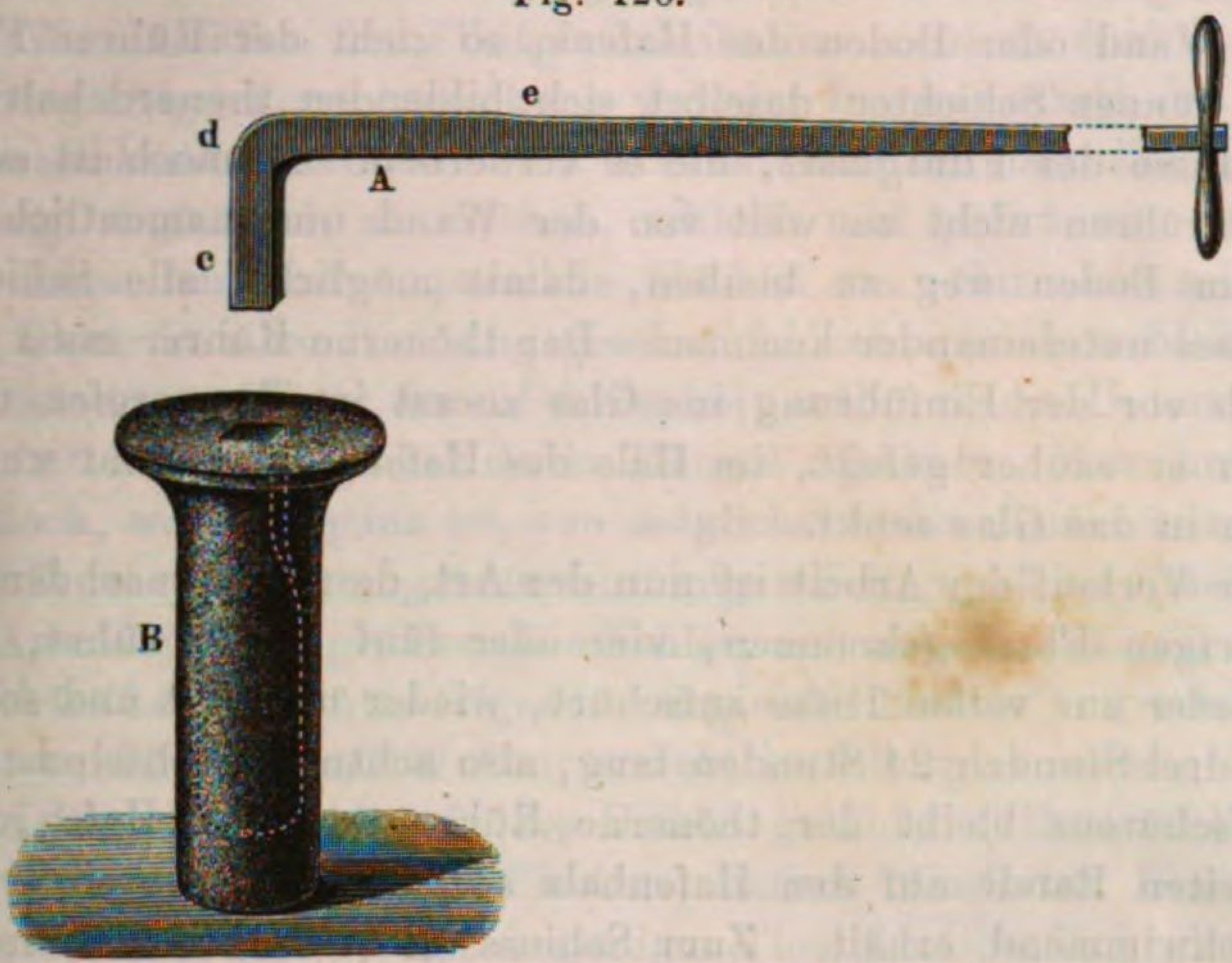
Gang des Schmelzens.

Insofern der Ofen sammt dem Hafen nach jeder Schmelzung erkaltet, besteht kein ununterbrochener Betrieb und muss der Ofen im Beginn jeder Schmelzung aufs neue und mit aller dabei nothwendigen Vorsicht angeheizt werden. Ist der Ofen neu, also noch feucht und im Nachschwinden, so darf man acht Tage, ist er schon gebraucht, zwei bis drei Tage zum Anheizen rechnen. Während dessen steht der Hafen noch im Temperofen und wird erst eingesetzt, wenn er hellroth-glühend geworden. Bei dem Eintragen des Hafens kühlt der Ofen etwas ab; um ihn und den Hafen wieder auf die volle Hochglut zu bringen, schliesst man das Hafenthor sowie den Hals des Hafens mit der Vorstellplatte, und feuert eine Zeitlang blind, indem man die Zwischenzeit benutzt, um die verlorene Mauer vor dem Hafenthor mit feuerfesten Steinen und Thon aufzuführen. In dieser Vermauerung spart man eine grössere Oeffnung, nemlich die für den Hals des Hafens, und zwei kleinere Schaulöcher von der Grösse eines Fünfgroschenstücks zur Beobachtung des Feuers aus. Etwa vier Stunden nach dem Einsetzen des Hafens hat der Ofen die volle Glut wieder erreicht und kann das Eintragen des Satzes beginnen. Der erste Eintrag, nur 12 bis 15 Kilogramm schwer, dient zum Einglasen des Hafens und ist nach drei Stunden soweit geschmolzen, dass man diese Arbeit mit einem Spatel ausführen kann. Nach einer Stunde folgt der zweite Eintrag und dann von drei zu drei Stunden ein neuer, bis der Hafen voll ist. Jeder Eintrag ist 40 bis 50 Kilogramm Satz und da der Hafen 400 Kilogramm Glas fasst, so sind sieben oder acht Einträge erforderlich. Nach jedem Eintrag schliesst man den Hafenhals mit doppeltem Deckel; nach dem letzten Eintrag überstreicht man den äusseren Deckel noch mit einer Lage Thon und feuert unter möglichst stetigem Schüren bis die ganze Glasmasse vollkommen in Fluss gegangen und beiläufig lauter erscheint, d. h. nur noch einzelne Blasen enthält. Nicht früher als ungefähr 30 Stunden nach dem Eintrag kann man rechnen, dass das Glas soweit gekommen. Nunmehr beginnt die Hauptarbeit, nemlich das Umrühren zum Zweck einer möglichst innigen Mischung und gleichmässigen Dichte

des Glases. Erst durch die S. 178 erwähnte Erfindung von Guinand*) ist man in den Stand gesetzt, diese Arbeit auszuführen, ohne das Glas in seinen übrigen Eigenschaften zu beschädigen. Ein eisernes Rührwerkzeug würde sobald es glühend geworden Blei reduciren, in das Glas eingehen und unzulässige Färbung und Trübung hervorbringen. Guinand kam auf den Gedanken, das Umrühren mit einer Thonröhre *B* (Fig. 120) zu bewerkstelligen, in deren Höhlung man den Haken *A* mit dem Ende *dc* einsteckt; das entgegengesetzte Ende *e* des Hakens ist mit einem Quergriff von Holz versehen. Bei der Arbeit liegt der Stiel des Hakens auf einer nach allen Seiten drehbaren Rolle zur Erleichterung des Arbeiters. Nur bei Beachtung der mannichfachen Vorsichtsmassregeln, die die Natur der Dinge bei Handhabung dieses Werkzeugs vorschreibt, ist Erfolg zu hoffen. Der Rührer *B* ist von feuerfestem Thon, schwimmt also im flüssigen Glase, hat aber vermöge seiner Gestalt die Neigung umzukippen; man muss ihn daher aufrecht halten, damit er sich nicht mit Glas füllt. Der eiserne Haken *A* befindet sich mit dem vordern Theil im Hafen; dieser Theil wird nach kurzer Zeit glühend und droht nach einigen Minuten Glühspahn fallen zu lassen und zwar natürlicher Weise in das Glas. Man hat daher mehrere Haken zur Hand und wechselt alle fünf Minuten,

Gang des Schmelzens.

Fig. 120.



*) De Peronny hat an die Hand gegeben, statt das Glas umzurühren, vielmehr dem Hafen mit flüssigem Glas eine rasche Drehung um seine Achse zu geben. Die Blasen würden sich dadurch in der Mitte der Glasmasse ansammeln; die Streifen, soweit sie während der Drehung nicht verschwinden, würden sich in wagrechten Kreisen anordnen und insofern weniger schädlich wirken, wenn man die Linsen so aus dem Block schneide, dass ihre Achse mit jener Drehungsachse zusammenfällt. Offenbar gäbe die Achsendrehung des Hafens eine vermehrte Ursache zu Streifen ab, indem das leichte Thonerdeglas ein Bestreben erhielte, sich von der Wand des Hafens nach der Mitte des Blocks zu ziehen.

Gang des Schmelzens.

woher der selbstverständliche Ausdruck: „so und so viel Haken rühren“. Immerhin überzieht sich beim Herausnehmen aus dem Ofen der glühende, aus dem Ofen genommene Haken mit Glühspahn; bei der nächsten Benutzung würde dieser Glühspahn, sobald der Haken heiss wird, ins Glas herabfallen. Jeder Haken muss daher vor seiner Einführung in den Guinand'schen Rührer vollkommen von Glühspahn befreit sein. Beizen in verdünnter Schwefelsäure, Schläge mit dem Hammer, erforderlichenfalls Uebergehen mit der Feile, genügen. Berührt man während des Umrührens Wand oder Boden des Hafens, so zieht der Rührer Fäden von dem in dünnen Schichten daselbst sich bildenden thonerdehaltigen Glas in die Masse des Flintglases, die es verderben. Dennoch ist es geboten, beim Umrühren nicht zu weit von der Wand und namentlich nicht zu weit vom Boden weg zu bleiben, damit möglichst alle Schichten des Flintglases untereinander kommen. Der thönerne Rührer muss selbstverständlich vor der Einführung ins Glas zuerst im Temperofen und dann, nachdem er sauber gefegt, im Hals des Hafens angewärmt werden, ehe man ihn in das Glas senkt.

Der Verlauf der Arbeit ist nun der Art, dass man, nachdem das Glas in gehörigen Fluss gekommen, vier oder fünf Haken rührt, dann den Ofen wieder zur vollen Hitze aufschürt, wieder umrührt und so fort, von drei zu drei Stunden 24 Stunden lang, also achtmal wechselnd. Während des Aufschürens bleibt der thönerne Rührer stets im Hafen, aber mit dem breiten Rande auf den Hafenhals aufruhend, wodurch er sich aufrecht schwimmend erhält. Zum Schluss giebt man noch einmal volle Beschickung Kohlen auf den Rost und lässt diese ungestört und ziemlich stark niederbrennen, um das Glas möglichst dünnflüssig zu bekommen. Es handelt sich nun schliesslich darum, das Glas im Erkalten wieder so lange umzurühren bis die zunehmende Dickflüssigkeit dies zuletzt hindert, um damit dem Glase die Möglichkeit abzuschneiden, sich in verschieden dichten Schichten abzusondern. Dabei schürt man mit etwas festgeschlagenen Kohlen bei geschlossenen Füchsen für stille Glut, die das Erkalten des Glases verlangsamt und die schädlichen Luftzüge durch entblösste Stellen des Rostes hindert. Das Rühren erfordert besonders bei dieser letzten Arbeit einige Geschicklichkeit; der Rührer soll sich in Kreislinien und dabei so bewegen, dass keine Luft unter das Glas gearbeitet wird. Nach zwei bis drei Stunden ist der Punkt eingetreten, wo das Glas zu dickflüssig zum Rühren auch keine Entmischung mehr droht. Man zieht dann den Rührer vorsichtig und ohne die Hafenwand zu berühren aus und schliesst den Hafenhals. Die einzige Sorge, die noch bleibt ist die, dass die Temperatur des Ofens nicht mehr zu-, sondern nur noch abnimmt, was die Entfernung der Kohlen vom Rost und Oeffnen der Züge im Ofengewölbe am besten sichert. Wenn das Glas nur noch kirschroth glüht, verstreicht man den Rost mit Lehm, ebenso alle Zugänge zum Ofen und Hafen und lässt ruhig erkalten, was sechs bis sieben Tage in Anspruch nimmt. — Manche übertragen den Hafen, wenn er zur

Dunkelrothglut abgekühlt ist, in einen Temperofen, worin er ebenso erkaltet, wie im Schmelzofen.

Nach dem Oeffnen des erkalteten Ofens findet man das Glas vom Hafen losgeschwunden, zuweilen in einem einzigen Block, öfter mit Sprüngen, in mehrere Bruchstücke getrennt; an den vielfach gerissenen Hafenwänden haftet ziemlich viel Glas, etwa der zehnte Theil der Schmelzpost.

Prüfung und Fehler.

Den Block ohne weiteres als brauchbares Glas zu verwerthen, daran ist bei den Wechselfällen der Flintglasfabrikation nicht zu denken. Stets geht eine sorgfältige Voruntersuchung von der Beschaffenheit des Blocks in allen Einzelnheiten allem weiteren voraus, und um den Block dieser Untersuchung zugänglich zu machen, schleift und polirt man an zwei gegenüber liegenden Stellen parallele Flächen an. Gar nicht selten erscheint ein Block in einer Richtung gesehen fehlerfrei, auch wohl in einer zweiten Richtung senkrecht darauf fehlerfrei, während die Untersuchung nach einer dritten Richtung noch starke Mängel offenbart. Man thut daher gut, den Block, wenn er ganz ist, von möglichst vielen Seiten anzuschleifen, grosse Bruchstücke wenigstens von einigen Seiten; kleine Stücke sind auch ohne Anschleifen zu prüfen. Die Fehler, auf welche man sein Augenmerk zu richten hat, sind nun folgende: ungleiche Dichte *) in verschiedenen Schichten; Streifen und Wellen, sowohl im Flintglas selbst, als auch von dem leichten an dem Rande des Hafens gebildeten thonerdehaltigen Glas; ferner Blasen; Wolken und Flecken; endlich Missfarbe. Blasen wirken lichtzerstreuend, machen also denjenigen Theil der Oberfläche der Linse, unter welchen sie liegen, einfach unwirksam; ihr Nachtheil ist unbeträchtlich und um so geringer, als bei einiger Vorsicht in der Behandlung beim Schmelzen nur einzelne und meist nur sehr kleine Blasen zurückbleiben. Wolken oder milchige Stellen sollen von beginnender Entglasung herrühren, wozu übrigens das Flintglas glücklicher Weise sehr wenig geneigt ist. Flecken können durch Verunreinigung, durch russendes Feuer, durch in das Glas fallende Theilchen von Brennstoff, Eisen, Staub entstehen, treten

*) Wie sehr das bleireiche Flintglas dazu neigt, sich in Schichten von ungleicher Dichte zu sondern, beweisen die Beobachtungen von Faraday schlagend. Ein bei einem Probeschmelzen gewonnener Block Flintglas von nur 6 Zoll Dicke gab in je 10 Wägungen folgende specif. Gewichte und zwar in der

obern Schicht:	3,38	—	3,30	—	3,28	—	3,21	—	3,15
	3,73	—	3,85	—	3,81	—	3,31	—	3,30
untern Schicht:	4,07	—	3,77	—	3,85	—	3,52	—	3,80
	4,63	—	4,74	—	4,75	—	3,99	—	3,74;

die untere Schicht war also durchschnittlich im Verhältniss von 12 : 10 dichter als die obere; aber die Wägungen beweisen auch, dass in ein und derselben Schicht (parallel zum Spiegel des flüssigen Glases) eben so grosse, ja noch grössere Abweichungen in der Dichte vorkommen, offenbar als Folge von Strömungen im flüssigen Glase. Die günstige Wirkung der von Guinand eingeführten Rührvorrichtung springt darnach in die Augen.

aber selten auf. Zu starke Färbung kann bei zu starkem Versatz mit Mennige erfolgen und bedingt einen Verlust an Licht, insofern mehr Licht von der Oberfläche ungebrochen zurückgeworfen wird, als bei farblosem Glas.

Nach dem Ergebniss der vorgenommenen Prüfung sortirt man das erhaltene Glas. Mit Hafenmasse behaftete und stark streifige Stücke sind gänzlich zu verwerfen und auch von späterer Benutzung gänzlich auszuschliessen. Ganz kleine Abgänge können als Brocken für spätere Schmelzungen wieder zugesetzt werden. Die mittelgrossen Bruchstücke werden nach ihrem Gewicht sortirt und sind von etwa 18 Grammen Schwere an, zu Linsen für Brillen, Operngläser, kleine Fernröhre, Mikroskope, photographische Apparate zu verwenden. Grosse Linsen zu astronomischen Fernröhren können nur aus Flintglasblöcken gewonnen werden, die beim Erkalten nicht zu sehr oder gar nicht gerissen sind. Nach Befund der Voruntersuchung des Blocks schneidet man sie mittelst einer Säge (Klingen von weichem Metall mit Smirgel) aus dem Groben aus.

Erweichen u. Formen.

Aus mehreren Gründen pflegt man in der Praxis die so gewonnenen Glasstücke aller Grössen nicht sofort zu schleifen, sondern ihnen vorher im erweichten Zustande durch Formen eine bestimmte Gestalt zu geben. Ein Grund ist die zufällige und unregelmässige Gestalt der Stücke, die beim Schleifen nur unnöthigen Verlust an Zeit und Material bedingt. Ein zweiter Grund liegt in dem Umstand, dass bei dem Erkalten der ganzen Schmelzpost, auch bei der grössten Vorsicht, Spannungen im Innern entstehen. Diese Spannungen sind die Folge von theilweise gehemmter Schwindung des Glases; sie veranlassen unregelmässige Brechung des Lichtes und sind die Ursache, warum ganz aus dem Ofen gebrachte Blöcke oft noch beim Zersägen springen. Bei kleineren Massen, also beim Einformen durch Erweichen von Bruchstücken, sind jene Spannungen viel weniger angezeigt oder verschwinden ganz. — Gegenwärtig besteht fast ohne Ausnahme eine Theilung der Arbeit zwischen den Erzeugern der optischen Gläser, die sie in Gestalt von viereckigen dicken Platten in den Handel bringen, und den Optikern, die diese weiter verarbeiten. Beide haben mit dem Einformen durch Erweichen zu thun. Auch dabei ist fortgesetzte Vorsicht erforderlich, um so mehr, je grösser die Stücke sind. Die Formen sollen von reinem feuerfesten Thon sein, um das Anhängen zu vermeiden, bestäubt man sie auch wohl mit trocknem gebranntem Kalk. Aeusserste Trockenheit der Form ist geboten, weil die Feuchtigkeit das Glas, namentlich grössere Stücke, leicht in Blasen auftreibt und so zu Grunde richtet. In keinem Fall darf das Glas flüssig werden, wenn man nicht Gefahr laufen will, dass es sich aufs neue zu Schichten ungleicher Dichte entmischt; das Glas soll nur soweit erweichen, dass es sich mit dem Spatel in die Form eindrücken lässt. Zum Erweichen in den Formen dienen Muffeln, von denen zwei mit derselben Feuerung geheizt worden. Die eine, die nur mittelbares Feuer erhält, dient zum Vorwärmen, die andere mit unmittelbarem Feuer zum eigentlichen Erweichen. Für grosse Gläser hat man auch Flammöfen; bei den letzteren ist es zweckmässig, Form

und Glas mit einer Glocke zu bedecken, namentlich so lange die Flamme russig geht. In der Werkstätte des Optikers hat das Erweichen den besondern Zweck, der Glasplatte mit möglichster Annäherung die Gestalt der künftigen Linse zu geben. Die untere Fläche erhält diese Gestalt von der dazu vorgerichteten Thonform; die obere durch Kneten mit dem Spatel, wobei der abgeschrägte Rand der Form als Führung dient. Selbstverständlich müssen die geformten Linsen schliesslich mit der zugleich als Kühlofen dienenden Muffel erkalten.

Grösse u. Preis.

Aus dem Angeführten begreift sich, dass die Schwierigkeiten der Herstellung tadelloser Platten von Flintglas zu optischen Zwecken mit zunehmender Grösse ausserordentlich steigen. Platten von 40 bis 50 Centimeter sind schon schwer regelmässig zu liefern, Platten von 60 Centimeter bilden die Grenze der Grösse, auf die man noch mit einiger Verlässigkeit rechnen kann. Eine Platte von 74 Centimeter, wie sie **Bontemps** in Gemeinschaft mit den Gebrüdern **Chance** in Birmingham der Sternwarte zu Paris geliefert, sind weitaus mehr der Gunst des Zufalls, als der voraus bestimmenden Kunstfertigkeit zu verdanken. Demgemäss und selbstverständlich wachsen bei allen Tarifen die Preise sehr rasch mit der Grösse der Platten, so z. B. bei **Bontemps** für Gläser erster Güte wie folgt:

Centimeter:	2,67	8,00	16,24	27,0	40,6	54,14	73,00
Francs:	5	17,5	180	715	2700	8100	25000
	Das Dutzend	Das Stück					

mithin kostet die grösste Platte von 73 Centimeter gerade 60000 mal soviel als die kleinste von $2^2/_3$ Centimeter.

Anlaufen durch Schwefelwasserstoff.

Noch ist eine Eigenschaft des Flintglases im Allgemeinen zu betonen, die somit bei jeder Platte und Linse in Frage kommen kann, wie vollkommen sie auch sonst ausgefallen sein mag, nemlich die Eigenschaft, in schwefelwasserstoffhaltiger Luft durch Bildung von Schwefelblei braun anzulaufen. Schon **Faraday** machte die unliebsame Erfahrung, dass ein längliches Stück Flintglas, so aus dem erkalteten Block gebrochen, dass es von dem Spiegel des Glases bis gegen den Boden zu reichte, anlief und zwar unten dunkel-, in der Mitte lichtbraun, oben nicht mehr oder nur leicht. Bei der Aufbewahrung der Linsen ist auf reine Luft, Abwesenheit von Steinkohlen-, Abtrittdünsten u. s. w. Rücksicht zu nehmen. In den Fernröhren schützt man das Glas dadurch, dass man die Crownglaslinse, die als bleifreies Glas nicht angegriffen wird, nach Aussen anbringt. Sternwarten sind ohnehin der Einwirkung schädlicher Dünste durch ihre Lage entzogen.

Schleifen und Poliren.

Die Schleif- und Polirmittel sind dieselben, die bereits in dem Abschnitt „Bleikrystall“ besprochen worden. Das Flintglas ist im Allgemeinen wegen seiner grössern Weichheit noch leichter zu schleifen.

Chemischer Bestand.

Was den chemischen Bestand betrifft, so verdankt man **Faraday** die nachstehenden Analysen verschiedener Proben von Flintglas.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.
	Grün.	Stich ins Grüne.	Stich ins Braune.	Stich ins Grüne.	Farblos.	Stich ins Pink.
Specif. Gewicht	3,453	3,4387	3,238	3,2715	3,2904	3,616
Kieselerde . .	49,16	48,24	51,93	52,31	51,66	44,30
Bleioxyd . .	39,66	40,12	33,28	33,06	36,06	43,05
Kali	10,70	10,60	13,77	13,79	11,47	11,75
Eisenoxyd . .	0,10	0,08	0,13	0,17	0,11	0,12
Thonerde . .	0,25	0,58	0,47	0,41	0,43	0,50
Manganoxyd .	—	—	0,14	—	Spur	kl. Sp.
Summa . .	99,87	99,62	99,72	99,74	99,83	99,72 *)

*) Nro. 1, 2 und 3 sind von Holmes und zwar 1 und 2 sogenanntes „*achromatic heavy*"; Nro. 3 sogenanntes „*common flintglass*"; Nro. 4 von Green; Nro. 5 Probe eines Objectivs von 118 Centimeter aus einer besonders gelungenen Schmelzung, dem „*famous pot*"; Nro. 6 von Guinand.

Crownglas.

Material. Als Crownglas braucht man in vielen Fällen, wo es weniger darauf ankommt, geradezu das Glas von gegossenen Spiegeltafeln. Für Fälle strenger Forderung, für astronomische Fernröhre u. s. w., oder grösserer Dimensionen, wie photographische Gläser, pflegt es besonders wie weisses Hohlglas oder Spiegelglas geschmolzen zu werden, nur aus den reinsten Rohstoffen, in der Regel aus Quarz, Kalk und Alkali. Gläser der Art sind bei ihrer geringern Dichte wenig geneigt sich in Schichten von ungleichem Bestand zu scheiden, auch in viel geringerm Grade von dem Thonerdeglas verschieden, welches sich an der Oberfläche der Hafen bildet: die Schwierigkeit der Streifenbildung ist daher beim Crownglas untergeordnet. Man ist ungleich sicherer beim Flintglas sie durch Rühren zu beseitigen. Das kalkhaltige Glas bietet dagegen die Schwierigkeit, dass es bei dem langsamen Erkalten, wie dies in dem bei Flintglas beschriebenen Verfahren liegt, zu zäh und in hohem Grade geneigt ist zu entglasen. Die Zähigkeit erschwert die Ausschliessung von Luftblasen, das Entglasen macht das Glas milchig und unbrauchbar. Sucht man diesem Uebel durch Verminderung des Kalks und Erhöhung des Alkalis beizukommen, so verfällt man in den gröbern Fehler, eines

hygroskopischen, also ebenso unbrauchbaren Glases. Mit Kali geschmolzenes Crownglas ist weniger dem Entglasen unterworfen, aber strengflüssiger, mit Natron geschmolzenes entglast leichter, ist aber auch leichtflüssiger. Man hat daher in der Praxis bald dem einen, bald dem andern Alkali den Vorzug gegeben, auch wohl seine Zuflucht dazu genommen, unter Verminderung des Alkali- und Kalkgehaltes das Glas mit einem mässigen Zusatz von Mennige zu schmelzen. Ein solches Glas, abgesehen davon, dass es nicht mehr in dem vollen optischen Gegensatze zu dem Flintglas in Bezug auf den Achromatismus der Linse steht, hat sich nach der Erfahrung oft genug als hygroskopisch und unbeständig gegen den chemischen Angriff der Luft erwiesen *). Als den besten Satz giebt Bontemps den unter Nro. 1 an; der Satz Nro. 2 ist der nach Henderson's Angaben in den Birminghamer Hütten zu Leuchtthurmlinsen verschmolzene; Nro. 3 ist von Pelouze in St. Gobain versucht, war aber kaum ohne Entglasung des Produktes zu schmelzen. Satz.

1.		2.		3.	
Quarz	100	Sand, französ. . .	100	Sand von Chamery . .	100
Gelöschter Kalk .	21,66	Kalk	11,26	Kalk, kohlensaurer .	28,57
Kohlensaures Kali	42,66	Kohlens. Natron .	36,26	Ger. Glaubersalz . .	28,57
Salpeters. Kali .	2,22	Salpeters. Natron .	5,00	Holzkohle	1,86
		Arsenik	0,51	Arsenik	0,28
Brechungsindex .	1,5206		—		1,5206
Zerstreuungsindex	0,0460		—		0,0017
Dichte	2,42		—		—

Schon 1851 hat Maës in Clichy bei Paris vorgeschlagen, das Blei bis auf eine geringe Menge durch Zinkoxyd und Borsäure oder Borax

*) So z. B. das Crownglas nach dem Satz Nro. 4 von Bontemps, den er sich später genöthigt sah in den Nro. 5 umzuändern:

	4.	5.
Quarz	100	100
Mennige	9	9,5
Kohlensaurer Kalk	0,5	9,5
Kohlensaures Kali	43,5	41,6
Salpetersaures Kali	1,5	1,9

Zuletzt kam er auch von Nro. 5 zu dem bleifreien Glas zurück. — Zu dem in Rede stehenden bleihaltigen Crownglas gehört auch wohl das von J. J. Pohl analysirte, aus der ehemaligen Waldstein'schen Fabrik für optische Gläser zu Ottakring bei Wien stammende Glas:

Kieselerde	Bleioxyd	Kalk	Kali	Eisenoxyd u. Thonerde	
75,24	12,48	1,48	10,51	Spuren	= 99,71

zu ersetzen. Crownglas dieser Mischung *) von sehr grosser Farbenreinheit und Klarheit ist damals mit vielem Beifall aufgenommen, aber inzwischen, wie es scheint, wieder aufgegeben, vielleicht weil es zu weich befunden wurde.

Schmelzen. Das Crownglas für feine astronomische Gläser schmilzt man im Ganzen ebenso und in demselben Ofen, wie das Flintglas. Sobald der Satz eingetragen und niedergegangen, giebt man strengstes Feuer, soviel der Ofen vermag. Nach 36 bis 40 Stunden ist alles hinreichend durchgeschmolzen, und kann der Guinand'sche Rührer eingeführt werden. Man rührt in Zwischenräumen von etwa drei Stunden das Glas fünfmal durch, aber jedesmal nur zwei Haken, das letztemal bis das Glas so dickflüssig geworden, dass es fast dem Rühren widersteht, und vermauert dann den Ofen bis zum Erkalten. — Das Crownglas zu Leuchtthurmlinsen, bei denen die optischen Anforderungen weniger streng und der Verbrauch ziemlich ausgedehnt ist, so dass es an einigen Orten (Birmingham, St. Gobain) einen eigenen Betrieb ausmacht, wird im Allgemeinen behandelt wie das Glas zu gegossenen Spiegeln, d. h. im Ofen (in Birmingham mit Siemens' Regeneratoren) mit sechs Häfen geschmolzen und nachdem es blank geworden, Hafen um Hafen aus dem Ofen genommen und in die bereit stehenden Formen ausgegossen. Diese Formen von verschiedener Gestalt, je nach dem Theil der zusammengesetzten Linse, den sie bilden sollen, sind aus $^5/_8$ zölligem Gusseisen und auf dem Umfang eines drehbaren Tisches angebracht. Sie bewegen sich beim Giessen unter dem stetig ausfliessenden Glase weg, so dass sie sich eine nach der andern füllen. Die Gussstücke, des Schleifens wegen $^1/_8$ Zoll stärker als die künftigen Linsentheile, müssen natürlich gekühlt werden. Die runden Mittelstücke und Centrallinsen giesst man anfänglich flach und giebt ihnen später die Krümmung durch Erweichen über einem Sattel.

Chemischer Bestand. Der chemische Bestand einer Probe von Crownglas zu Leuchtthurmlinsen (von St. Gobain) war nach Regnaud in 100 Theilen:

Kieselerde	Natron	Kalk	Thonerde und Eisenoxyd
72,1	12,2	15,7	Spur

*) Eine Probe von der Dichte 2,684 enthielt bei einem Brechungsindex von 1,5285 nach Ludwig:

Kieselerde	56,61	Uebertrag	74,92
Zinkoxyd	13,50	Eisenoxyd	0,40
Bleioxyd	4,11	Rest	24,68
Kalk	0,70		100,00
	74,92		

der Rest ist der Gehalt an Alkali, Borsäure sammt Verlust. Claudet fand in demselben Glase 17 Proc. Kali und 6,76 Proc. Borsäure.

Strass.

Dem optischen Glas und zwar dem Flintglas sehr nahe verwandt sind die Glassorten, die man mit grossem Erfolg zur Nachahmung von Edelsteinen, theils farblos als falsche Diamanten, theils gefärbt als falsche Saphire, Smaragde u. s. w. anfertigt. Insofern sie den Glanz, die Lichtbrechung, die Farbenfrische der natürlichen Edelsteine wiedergeben sollen, sind es die optischen Eigenschaften des Glases, und mit diesen wieder ausschliesslich die bleihaltigen Gläser, welche hier in Frage kommen. Sie werden in den Schriften über die Glasmacherkunst gewöhnlich unter der Bezeichnung „*Strass*“ zusammengefasst, nach dem Namen eines Künstlers, dem die Einführung zugeschrieben wird. Die deutschen Juweliere unterscheiden bei ungefärbten Steinen die feineren Sorten mit lebhaftem Glanz als „*pierre de Strass*“, die weniger feinen ins Gelbe stechenden als „*Wassersteine*“. Sie werden geschliffen und polirt jene das Stück zu $1^1/_2$ Silbergroschen, diese das Dutzend zu 5 Silbergroschen verkauft. — Wie bei dem Flintglas, so ist auch bei dem Strass die Schwierigkeit eine möglichst hohe lichtbrechende Kraft mit möglichster Farblosigkeit zu vereinen. Ein starker Versatz mit Bleioxyd ist für jene Eigenschaft unentbehrlich, wirkt aber dieser entgegen. Dennoch ist man dahin gelangt, die geschliffenen Diamanten aufs täuschendste nachzuahmen, so dass sie selbst von Kennern kaum mit dem Auge unterschieden werden können. Nur die Härte und das Vermögen Wärme zu leiten, sind sichere Anhaltepunkte der Unterscheidung. Die Rohstoffe sind Bergkrystall oder sonst reinster Quarz, reines kohlensaures (ätzendes) Kali oder die entsprechenden Natronverbindungen, reinste Mennige oder Bleiweiss, meistens auch Borsäure oder Borax. Donault-Wieland, der sich seiner Zeit in Frankreich mit diesem Gegenstande beschäftigt hat, schreibt vor:

Satz.

Gemahlener Bergkrystall.	Mennige.	Aetzkali.	Borsäure.	Arsenik.
100	154 bis 156	54 bis 56	6 bis 7	$^1/_3$ bis $^1/_6$

Weit davon ab weichen die Vorschriften, welche Schrader in Berlin nach seinen 1810 veröffentlichten Versuchen empfohlen. Es sind folgende zwei zu Flüssen von verschiedener Härte:

	1.	2.
Gemahlener Bergkrystall	100	100
Mennige	25	16,7
Kohlensaures Natron	50	33,3
Gebrannter Borax	37,5	25
Salpeter	12,5	5,5
Arsenik	—	—
	225	180,5

Nro. 1 ist der weichere, Nro. 2 der härtere Strass.

Chemischer Bestand.

Der chemische Bestand eines Strasses von Donault-Wieland ist von Dumas ermittelt. Zwei Proben „Wassersteine“ aus einem Juwelierladen, zusammen etwa 100 Stück von Linsen- bis Erbsengrösse, jede Probe aus einer Anzahl Steinen, zerrieben und gleichmässig gemischt, ergaben nach Borgstede:

	Dumas	Borgstede	
Kieselerde	38,1	68,22	—
Bleioxyd	53,0	24,34	26,51
Kali	7,9	—	3,22
Thonerde	1,0	2,78	0,42
Eisenoxyd	—		
Kalk	—	0,74	0,96
	100,0	—	—

Offenbar sind die besten Vorschriften, nach denen man heutzutage arbeitet, nicht bekannt. Eben so wenig das Verfahren beim Schmelzen. — Von den Farben, mittelst deren man die farbigen Edelsteine in Strass nachahmt, wird weiter unten die Rede sein. Dass man die Verbindungen des Thalliums zum Schmelzen des Strasses empfohlen, ist bereits Seite 29 mitgetheilt.

Milchige Gläser.

Allgemeines.

Zwischen dem gewöhnlichen durchsichtigen Glas und den ganz undurchsichtigen nur auf zurückgeworfenes Licht berechneten Gläsern stehen die durchscheinenden in der Mitte. Diese letzteren sind wieder unter sich wesentlich in ihrem Verhalten zum durchgehenden Licht verschieden: einige lassen das Licht nur confus, aber sonst unverändert durchgehen, etwa wie gewöhnliches aber mattgeschliffenes Glas, das „*Alabasterglas*“; andere wirken zerlegend auf den einfachen durchgehenden Lichtstrahl, so dass ein gewisses Farbenspiel dabei entsteht, wie bei dem Opal, dies ist das „*Milchglas*“ mit seinen Abarten. Beide Gattungen von Glas, die Alabaster- wie die Milchglasarten, verdanken ihre Eigenthümlichkeiten gewissen in ihrer Masse vertheilten Trübungen, aus mehr oder weniger undurchsichtigen aber farblosen Stoffen bestehend. Bei dem Alabaster sind diese wesentlich durch unvollkommene Schmelzung ungelöst gebliebenen Theilchen des Satzes, meist kleine Körnchen und Bläschen; bei den Milchglasarten dagegen ist die trübende Substanz eine durch besondere Umstände hervorgerufene Ausscheidung, ein Niederschlag, der sich aus dem völlig blank geschmolzenen Glase nachträglich bildet und in der erstarrenden Masse schweben bleibt. Das Trübende in dem Alabaster ist verhältnissmässig grob, schon mit dem blossen Auge oder

mit der Lupe unterscheidbar und zerlegt daher das Licht nicht; die Trübung der Milchgläser löst sich erst bei starker Vergrösserung in Punkte auf, an denen sich keine Form unterscheiden lässt, ist ausserordentlich fein und dicht; daher die opalartige Wirkung. Die beiden Gattungen von Glas verhalten sich daher genau wie trübe Flüssigkeiten: Wasser durch eingerührte Stärke milchig gemacht, opalisirt nicht, wohl aber Wasser mit feinzertheilten Niederschlägen, wie Chlorsilber und dergleichen mehr. Allgemeines.

Der Alabaster geht schon aus dem Schmelzen als solcher, mit allen seinen Eigenschaften, hervor; nicht so die Milchglasarten, die nach dem Niederschmelzen des Satzes ganz blank schmelzen und erst bei allmäligem Abkühlen milchig anlaufen. Von welcher Natur die ausgeschiedenen Trübungen sind, lässt sich beim Alabaster einigermassen aus seiner Entstehung erschliessen, bei den Milchgläsern nicht einmal errathen, noch bei der äussersten Zertheilung der Ausscheidungen feststellen. Man weiss nur, dass eine Menge von Stoffen, zum Theil sehr verschiedener Art, Glasflüsse unter gleichen Erscheinungen milchig machen; so Kalk in einem gewissen Verhältniss zu geschmolzenem Feldspath zugesetzt; phosphorsaurer Kalk, Fluorverbindungen, Zinn- und Arsenverbindungen zu Glassätzen. Zinnoxyd hat eine besonders stark ausgesprochene Kraft, das Glas zu trüben und dient daher vorzugsweise für diejenigen Gattungen Glas, die man gänzlich undurchsichtig haben will, nemlich für „*Schmelzglas*“ oder „*Email*“. Zu Milchglas braucht man gegenwärtig phosphorsauren Kalk (Knochenasche) sowie Flussspath und für eine Abart den Kryolith. Zu Alabaster ist ein besonderer trübender Zusatz nicht erforderlich.

Mit Zinnoxyd geschmolzene Gläser sind eine Ueberlieferung der ältesten Zeit der Glasmacherkunst; Milchgläser aus phosphorsaurem Kalk scheinen später aufgekommen *); Milchglas aus Flussspath und Kryolithglas sind ganz moderne Erfindungen.

Alabasterglas.

Strengflüssige, mit Kieselerde übersetzte Gläser schmelzen sehr schwer blank und bleiben, nachdem sie bereits in Fluss gekommen und verarbeitbares Glas bilden, einige Zeit in einem Zustande, in welchem sie noch nicht durchsichtig, aber auch nicht mehr gänzlich undurchsichtig, sondern in einem mässigen Grade getrübt erscheinen. In diesem Natur.

*) Sie sind Merret und Neri noch nicht, aber ihrem Uebersetzer und Commentator Kunkel in seiner *Ars vitriaria* von 1679 bereits bekannt; wo es Seite 68 am Schluss der Anmerkung über das I. Buch Neri's heisst:

„Die Glaskünstler machen u. a. ein Glas aus der Asche, die sie aus abge-„brannten Häusern und Scheuren kriegen. Welches Glas, wenn man es erstlich „aus dem Feuer nimmt, klar und hell aussieht; wenn man's aber wieder einwärmt, „so wird es ganz weiss und das heissen sie Beinweiss. Wenn man dieses Glas „bläulich färbet, — — — — so kann man recht eigentliche Türkisfarbe bekommen.“

Zustande ist das Glas von einer besonders angenehmen Wirkung für das Auge. Aus diesem Grunde, dann weil es sich ebenso wie das blanke Glas verarbeiten, auch durch mancherlei Färbungen noch heben lässt, eignet es sich sehr zu Luxusartikeln, die in den böhmischen Krystallglashütten Gegenstand ziemlich ausgedehnter Fabrikation. Wegen der Aehnlichkeit des Ansehens mit dem Alabaster, dem Korn des Reises und dem Chalcedon, pflegt man es „*Alabaster-*", „*Reis-*", auch wohl „*Achatglas*" *) zu nennen; die erstere Benennung ist die am meisten übliche. Der Alabaster lässt das Licht unzersetzt durch; ein grosser Vorzug gegen das Opal- und Beinglas. — Mit Kupferoxyd nimmt der Alabaster eine türkisblaue Farbe, gewöhnliche Gläser eine grüne an; selbst nach mehrmaligem Umschmelzen soll türkisblauer Alabaster blau bleiben und auch ein blaues (aquamarinfarbenes) blankes Glas liefern.

Schmelzung.

Das Hauptaugenmerk ist darauf zu richten, dass das Glas zwar hinreichend geschmolzen ist, um sich blasen zu lassen, und frei ist von groben Unreinigkeiten, aber auf der andern Seite auch nicht blank wird, oder durchgeht. Dies würde durch blosse Mässigung der Schmelzhitze schwer sein, zumal man meist nur in dem einen oder andern Hafen und nicht im ganzen Ofen Alabaster schmilzt. Um sicher zu gehen giebt man daher dem dazu bestimmten Satz eine stärkere Beimischung von Kieselerde, als gewöhnlich, was eigentlich genügt. Doch hilft man sich beim Schmelzen auch wohl damit, dass man den ersten Antheil des niedergeschmolzenen Satzes ins Wasser ausschöpft und nach dem Abschrecken beim Einschmelzen des übrigen wieder zusetzt.

Chemischer Bestand.

Zu Alabasterglas sind immer nur bleifreie Sätze und ist immer nur Potasche, zuweilen auch schwefelsaures Kali vorgeschrieben; auch findet sich in dem fertigen Glas immer nur Kali. Natrongläser scheinen daher wohl als zu leichtflüssig nicht geeignet. Dagegen scheint der Alabaster in der Regel ganz ohne Kalk geschmolzen, wie aus nachstehenden Analysen hervorgeht:

	1. Stein	2. Peligot	3. Borgstede
Kieselerde	79,51	80,9	82,95
Kali	16,87	17,6	16,08
Kalk	2,79	0,7	0,08
Thonerde u. Eisenoxyd	—	Spur	0,17
Phosphorsäure	1,06	—	—
Kupferoxyd	—	—	0,56
	100,23	99,2	99,84

Der Alabaster Nro. 1 war offenbar mit Zusatz von etwas Beinasche geschmolzen; die Probe Nro. 2 und 3 ohne Kalk; der letztere (Bruchstück einer Vase) türkisblau, auffallend unbeständig an der Luft; deutlich

*) Nicht zu verwechseln mit einer gleichnamigen Gattung von marmorirtem Glas zur Nachahmung der bunten Achate mit rothen etc. Adern.

angegriffen in der Seite 18 beschriebenen Art, stellenweise hygroskopisch und mit feinen oberflächlichen Sprüngen.

Die mikroskopische Analyse des Alabasters zeigt bei 80facher Vergrösserung schmale, spitze, in die Länge gezogene Bläschen mit Substanzen gefüllt, die gegen das Glas heterogen erscheinen.

Milchglas.

Natur und gelbroth.

Das Milchglas erscheint im Allgemeinen milchweiss, noch stark durchscheinend; in dünneren Stücken oder Splittern opalartig bläulich farbenspielend; die Flamme einer Kerze oder Lampe erscheint durch Milchglas gesehen auffallend und unangenehm roth. Insofern das Milchglas im engern Sinne, wie es im Grossen zu Lampenschirmen und dergleichen angefertigt und verkauft wird, mit weissgebrannten Knochen geschmolzen wird, heisst es auch „*Beinglas*". Man pflegt dem sonst wie Hohlglas gemischten Satz 10 bis 30 Proc. weissgebrannte Knochen zuzusetzen. Nach einer alten wohl unbegründeten Ueberlieferung soll den Röhrenknochen der Schafe ein Vorzug gebühren. Statt der Knochenasche können auch andere phosphorsäurehaltige Fossilien dienen, wie man sie heutzutage viel zu Kunstdünger verarbeitet, insofern sie nicht zu viele flüchtige und organische Beimengungen erhalten: so die Phosphorite, Sombrerit, namentlich Bakerguano, der im natürlichen Zustande gegen 80 Proc. phosphorsauren Kalk und 6 Proc. phosphorsaure Bittererde enthält. Solche Fossilien sind vor der Anwendung durch Brennen von jenen Beimengungen zu befreien. Der Bakerguano erleidet dabei einen Gewichtsverlust von 10 bis 15 Proc. Die Knochen wie die Fossilien sind nach dem Brennen zu pulvern und zu sieben. Zu Milchglas sind sowohl bleifreie als bleihaltige Gläser geeignet. Folgende Sätze mögen als Beispiel dienen:

Satz

Schür		Stein	
Sand, Stettiner	100	Sand	100
Potasche (90procentige)	38,8	Potasche	23
Soda, calcinirte	5,5	Soda	15
Kochsalz	4,5	Borax	12
Kalisalpeter	3,3	Knochenasche	30
Mennige	11,1	Arsenik	1,5
Gebrannter Guano	33,3		181,5
Borax	1,6		
Braunstein	0,3		
	198,4		

Nach Bontemps nimmt man zu Milchglas aus Bleikrystall einen Satz aus Sand mit $^2/_3$ Mennige, $^1/_3$ Potasche und $^1/_5$ bis $^1/_6$ weissgebrannter Knochen; von den letzteren bald mehr bald weniger, je nach der Natur der Waare. — Meist enthalten die Milchgläser nicht über 9 Procent phosphorsaure Erden.

Schmelzen. Der Satz von Schür verstösst ohne Noth gegen die Einfachheit; das Kochsalz wird fast gänzlich (gewiss zum Nachtheil des Ofens) verflüchtigt und dient nur, um Fluss und gleichförmigere Mischung des Geflossenen zu bewirken. Nach 12 bis 15 Stunden ist das Glas so weit geschmolzen, dass es mit einer eingetauchten Kartoffel „geblasen" werden kann. Nach dem polternden Entweichen des Wasserdampfs steigt das Glas, wenn die Arbeitsöffnung geschlossen ist, abermals, auch zum zweiten und dritten mal, was als gutes Kennzeichen gilt. Als Probe, ob das Glas zum Verarbeiten recht steht, bläst man kleine Kugeln, eine dickere, um durch ein eingehaltenes Licht die milchige Beschaffenheit, eine ganz dünne, um das Freisein von Knoten und Körnern zu beurtheilen. Das Verarbeiten wird, sobald die Galle abgefeimt, nach den gleichen Regeln wie bei Hohlglas vorgenommen. — Brocken von Milchglas können wieder zum Satze gegeben werden. Sind die Brocken ausserhalb der Hütte in den Städten u. s. w. gesammelt, so unterlaufen sehr leicht Scherben von Porzellan, welche von Unkundigen, namentlich da diese Thonwaare jetzt sehr aufgeschlossen und glasähnlich zu Markte kommt, nicht unterschieden werden. Sie sind natürlich sorgfältigst auszulesen. — Wie schon erwähnt ist das Beinglas nach dem Schmelzen nicht milchig, sondern völlig durchsichtig und blank. Erst durch Abschrecken und Wiederaufwärmen entwickelt sich die milchige Trübung; durch Wiederholung dieser Behandlung nimmt sie zu. Daher bedürfen Artikel, welche beim Ausarbeiten oft aufgewärmt werden, weniger Knochenasche, und umgekehrt.

Das Milchglas neigt, wie manche andere Gläser, zum Rauhwerden beim Verarbeiten; sei es, dass zu starker Versatz mit phosphorsaurem Kalk oder zu niedere Temperatur die Entglasung befördern, zu welcher die ausgeschiedene Trübung ohnehin ein begünstigender Anlass ist.

Flussspathglas. Durch Zusatz von Flussspath zu dem Glase erhält man eine andere von Bercy eingeführte, namentlich in Frankreich sehr verbreitete Gattung von Milchglas. Lampenschirme daraus gewähren den Vortheil, dass sie nicht wie das Beinglas die Flamme in einem ziemlich umschriebenen Bild in rother Farbe durchblicken lassen, sondern auf der ganzen Oberfläche gleichmässig beleuchtet erscheinen. Auch in Amerika ist auf Flussspathglas ein Patent von Cheney genommen.

Kryolithglas.

Allgemeines. Einigermassen dem französischen Porzellan ähnlich, eine mittlere Stellung zwischen Milchglas und Email einnehmend, ist das seit wenigen Jahren in Amerika aufgekommene und dort recht unzutreffend „*hot-cast porcellain*" genannte Glas, denn es ist weder gegossen, noch Porzellan, sondern eine Art und zwar mit Kryolith geschmolzenes Milchglas. Es ist von schönem sehr reinem Weiss und giebt die durch Metalloxyde hervorgebrachten Farben sehr gut wieder. Die Trübung ist in der Mitte der Wandstärke des Glases dichter, weniger durchscheinend; an den beiden

Oberflächen viel lichter. Härte, Sprödigkeit, Bruch wie bei Hohlglas, ebenso die Dichte, die Benrath zu 2,471 fand.

Der Kryolith im reinen Zustand enthält 13 Proc. Aluminium, und 33 Proc. Natrium an Fluor gebunden (53,6 Proc.); mit seiner Anwendung kommt also der Glasbildung eine reichliche Menge Natron zu gute. Etwas weiteres als Sand oder Quarz ist eigentlich zu Kryolithglas nicht nothwendig. Die Angabe von Ellis, wonach der Kryolith mit 2 bis 4 Theilen des letztern geschmolzen würde, stimmt ziemlich mit dem chemischen Bestande des Kryolithglases, welcher auf 1 Gewichtstheil Kryolith mit 2 bis 3 Gewichtsth. Quarz hinweist. Bei einem Versuch schmolz eine Probe mit dem doppelten Gewichte Sand im Siemens'schen Ofen, wurde vollkommen blank, blieb bei raschem Erkalten durchsichtig, lief bei langsamem Erkalten milchig an und hatte ein specif. Gewicht = 2,373 (Benrath). Möglicherweise sind mehrerlei Sätze im Gebrauch. So wie das Glas im Handel vorkommt, enthält es eine namhafte Menge Zinkoxyd (C. P. Williams). — Beim Schmelzen des Glases entwickelt sich Fluorsilicium, ein anderer Theil des Fluors bleibt im Glase (als Kieselfluornatrium?). Gegen die Thonmasse der Häfen verhält sich das Kryolithglas wie gewöhnliches. Die chemische Analyse ergab folgenden Bestand dieses neuen Glases nach C. P. Williams (Mittel aus fünf Analysen) und nach Benrath: Chemischer Bestand.

	Williams	Benrath
Kieselerde	63,84	67,07
Thonerde	7,86	10,99
Eisenoxyd	1,50	1,02
Manganoxydul	1,12	1,09
Zinkoxyd	6,99	—
Kalk	1,86	—
Bittererde	0,25	—
Natron	10,51	—
Fluor	8,05	—
	101,98	

Farbige Gläser und deren Anwendung.

Allgemeines.

So wie die Alkalien und Erden, das Bleioxyd, das Zinnoxyd als Bestandtheile des Glases diesem nur schwache, verschwindende oder gar keine Färbung ertheilen, so bewirken andere Stoffe, dem Glas zugesetzt, sehr ausgesprochene Färbungen. Das Glas hat daher in diesen Zusätzen seine besonderen Farbstoffe, auf deren Anwendung die Herstellung der farbigen Gläser in Krystall- und Tafelglas, sowie die Glasmalerei beruht. Die Wirkung dieser färbenden Zusätze ist zwar am gewöhnlichsten eine

unmittelbare, wie bei den färbenden Schwermetallen, welche an sich Gläser von bestimmter Färbung bilden; zuweilen aber ist diese Wirkung eine mittelbare, so dass der Zusatz den färbenden Körper erst in dem Glase erzeugt, wie bei Kohle und dergleichen. — Die Färbung des Glases mittelst der dazu dienenden Farbstoffe kann auf mehrfache Weise hervorgerufen werden: durch directes Schmelzen aus den Bestandtheilen, durch Schmelzen von weissem Glas mit den Farbstoffen, endlich, aber nur in seltenen Fällen (wie beim Gelbfärben mit Silber), durch Einbrennen in das starre Glas unter seiner Schmelzhitze, sogenanntes „*Lasiren*".

Lasiren.

Das entstandene farbige Glas kann durchsichtig, in vielen Fällen aber auch undurchsichtig ausfallen. Bei den durchsichtigen Gläsern beruht die Wirkung dann auf dem durchfallenden Lichte, bei den undurchsichtigen auf dem zurückgeworfenen Lichte. Farbige Gläser sind öfter nur undurchsichtig durch Uebersättigung und Tiefe des Farbentons. In anderen Fällen sind sie undurchsichtig, insofern trübende Ausscheidungen entstanden sind; in noch anderen Fällen, weil man die gefärbten Gläser durch besondere Zusätze absichtlich getrübt hat. Zu dieser letzten Gattung gehört neben Milchglas und Alabaster namentlich das, was man „*Email*" oder „*Schmelzglas*" nennt; ein am gewöhnlichsten durch Zinnoxyd getrübter, in mannichfacher Weise gefärbter Glasfluss, bekannt von der Emailmalerei, den Uhrzifferblättern u. s. f.

Email.

Färbende Stoffe;

Die zum Färben des Glases gegenwärtig gebrauchten Körper sind der Mehrzahl nach Schwermetalle, nemlich: Eisen, Mangan, Kupfer, Kobalt, Antimon, Uran, Chrom, Silber und Gold; ferner Kohle und organische Substanzen. Die Einverleibung der Stoffe an sich ist in der Regel, aber durchaus nicht in allen Fällen, bestimmend für das Hervortreten der Farbe; so kann ein Glas zwar einerseits nicht kobalthaltig sein ohne blau zu sein, aber Glas kann mit demselben Gehalt an Kupfer oder an Gold ungefärbt und gefärbt sein. Physikalische Bedingungen spielen hierbei eine entscheidende Rolle. Ferner bewirkt dasselbe Metall, z. B. das Kupfer, in demselben Glase ganz verschiedene Färbungen, unter dem Einflusse von Reductionsmitteln blutroth, unter dem Einflusse von Oxydationsmitteln grün oder blau; Eisen in ähnlicher Weise gelb oder grün. So wenig wie die Art der Farbe, eben so wenig ist namentlich auch ihr Ton, ihre Höhe oder Tiefe, schlechthin mit dem färbenden Zusatz bestimmt. Wenn es auch im Allgemeinen wahr ist, dass der Farbenton mit der Menge des färbenden Zusatzes sich lichtet oder vertieft, so ist diese Aenderung doch in der Regel nicht im Verhältniss des Gewichts. Mehrere Gründe wirken dahin, chemische und physikalische: ein Theil des zugesetzten Schwermetalls kann in das Glas als eine Verbindung eingehen, die wenig oder nicht färbt, so dass nur der Rest färbend wirkt, wie das Mangan als Oxyd und als Oxydul; bei einer Menge von Farben hängt der Ton von der Temperatur ab, bei der er entwickelt wird, und vertieft sich in der Regel mit Steigung derselben, so bei mit organischen Substanzen gelb gefärbtem Glas, bei Goldpurpur u. s. w.

Zwei einfache Farben geben häufig eine andere, als die mittlere, die man erwarten sollte, theils wegen optischer Neutralisation, theils weil neue und anders färbende chemische Verbindungen entstehen; so hat Mangan in mit Kobalt blau gefärbtem Glas keine Wirkung; die Färbungen von Eisen und Mangan in gewissen Verhältnissen heben sich einander auf; Eisen und Mangan in anderen Verhältnissen geben Schwarz. Dass und inwiefern endlich gefärbte Gläser nachträglich Wandlung ihrer Färbung im Licht erleiden, ist in dem einleitenden Theil Seite 11 ausführlicher nachgewiesen.

Die Farbe, die durch einen färbenden Zusatz hervorgerufen wird, hängt durchaus nicht von diesem Zusatz allein, sondern in sehr hohem Grade auch von der Natur des Glases ab, welches man färbt. Ein und dasselbe Manganpräparat giebt in Natronglas Rothviolett, mit Kaliglas Blauviolett; Silber giebt in dem einen Glas Orange, im andern Hellgelb; manche Farben, wie Goldpurpur, sind nur in bleihaltigem Glas gehörig hervorzubringen, andere nur im bleifreiem, wie Gelb mit Kohle. Sehr viele Farben schliessen das Schmelzen des Glases mit Glaubersalz aus, weil sie sich nicht mit dem Kohlenzusatz vertragen. Das zu färbende Glas.

Die farbigen in der Glasmalerei gebrauchten Schmelzen bereitet man nie im Grossen und wird davon an der betreffenden Stelle die Rede sein. Die eigentlich gefärbten Gläser zu Hohlglas, Krystall und Tafelglas dagegen werden im Grossen ähnlich wie das weisse Glas in eben solchen oder ähnlichen Häfen und Oefen geschmolzen. Zuweilen geschieht dies in demselben Ofen wie das weisse Glas und neben diesem, wo denn der eine oder andere Hafen mit dem farbigen Glase beschickt wird. Man hat auch wohl einen kleinen überzähligen Hafen mit farbigem Glas zwischen den grösseren Häfen mit ungefärbtem Glas an einem passenden Winkel des Ofens. Wo ein laufender Betrieb auf farbiges Glas besteht, z. B. auf farbiges Tafelglas, betreibt man dafür besser einen besondern kleinern Ofen, etwa mit vier Häfen von geringerm Umfang, zu 50 bis 60 Kilogramm. Es liegt schon in der Natur der Sache, ganz besonders aber in dem sehr ausgedehnt zur Anwendung kommenden Kunstgriff des Ueberfangens (S. 200), dass der Bedarf an farbigem Glas viel kleiner ist in gleicher Zeit, als an ungefärbtem; auch versteht der Bläser für gewöhnliches Glas in der Regel nicht zugleich mit dem farbigen umzugehen. Man erleichtert sich daher durch getrennte Behandlung der Gläser beiderlei Art, des farbigen in einem kleinern, des ungefärbten in einem gewöhnlichen grossen Glasofen, die Arbeit sehr, allerdings mit einigem Mehraufwand an Brennstoff. — Von der Natur der Farben und färbenden Zusätze hängt weiteres in der Einrichtung ab: manche vertragen die reducirende Flamme der Steinkohlenfeuerung nicht und gelingen bei diesem Brennstoff nur in geschlossenen, oder in offenen Häfen bei Holz- oder Gasfeuer. Insofern es unmöglich ist einen Hafen rein auszuarbeiten, kann man in einem leer gewordenen Hafen nicht ohne weiteres jedes beliebige andersfarbige Glas schmelzen, indem sonst Zwischenfarben entstehen, die man nicht beab- Bereitung des Buntglases.

sichtigt. Die wenigen Fälle abgerechnet, wo zwei auf einander folgende Farben sich vertragen, wo sie sich mischen sollen und dürfen, ist es Regel in demselben Hafen nur dieselbe Farbe zu schmelzen. Sehr wohl aber können in demselben Hafen verschiedene Abstufungen des Tons einer und derselben Farbe hinter einander geschmolzen werden. Bei der Schwierigkeit, mit der sich die Theile derselben Beschickung eines Hafens gleichmässig mischen, ist Sorgfalt nöthig, damit nicht dunklere Streifen in dem helleren erscheinen. Fällt beim Aufnehmen des Glases Staub auf das Glas, und wird dieser Staub beim darauf folgenden Aufnehmen mit glühendem Glas überdeckt, so giebt dies bei farbigem Glase noch leichter als bei gewöhnlichem, Anlass zu dunkelen Punkten und Bläschen. Der Arbeiter soll daher den angefangenen Glaskolben vor jedem folgenden Eintauchen erst eine Zeit lang in die Flamme halten, um den Staub (organische Substanzen) zu zerstören. — Selbstverständlich fallen bei dem farbigen Glas eben so gut, wie bei dem gewöhnlichen, Abgänge, die in der Regel als Glasbrocken wieder gebraucht werden. Brocken von dunklen Farbentönen lassen sich sogar oft ohne weitern färbenden Zusatz zum Schmelzen von helleren Tönen benutzen. Es ist nicht zu vergessen, dass das Glas beim wiederholten Einschmelzen immer kürzer wird, daher ein Zusatz von Alkali etc. zur Ergänzung der weichen Beschaffenheit bei Anwendung der Brocken angezeigt ist.

Verarbeitung des Buntglases. Die Verarbeitung des farbigen Glases geschieht, bei der grossen Verschiedenheit seiner Natur und der daraus zu erzielenden Waare, nicht immer in derselben Weise. Am gewöhnlichsten noch durch Ausarbeiten des eben fertig geschmolzenen Farbglases aus dem Hafen. Oft findet man es angemessener, das fertige Farbglas auszuschöpfen, sei es, dass man es in Wasser abschreckt oder trocken erkalten lässt; man hält es so vorräthig, um es dann nach Bedürfniss zur geeigneten Verwendung wieder einzuschmelzen. Wo man das farbige Glas gleichzeitig und zusammen mit gewöhnlichem Glas verarbeitet, wie beim Ueberfang, ist man dann sicherer, dass die Gare beider in dem richtigen Zeitpunkt zusammentrifft. Für manche Farben ist ein vorausgegangenes Kaltwerden, oder Abschrecken, sogar Bedingung ihrer Entwicklung. — Wiederum trifft sich, dass eine oder die andere Glashütte gewisse farbige Gläser von besonderer Güte und Schönheit liefert, vermöge ihrer besonderen Ueberlieferungen und hoch entwickelten Fertigkeit, so dass andere Hütten es vorziehen, das Glas von jenen zu beziehen. Namentlich sind es die Hütten in Venedig und Murano, die farbiges Glas als Rohmaterial in den Handel bringen. Es soll angeblich in Oefen mit einem einzigen aber grossen Hafen zu sechs Centner Glas geschmolzen werden. Zur Versendung giebt man dem Glase die Form von dünnen, runden Kuchen mit dem Fabrikstempel, sogenannten „*Glaspasten*“. Pasten.

Eine eigenthümliche Art der Verarbeitung, von der man in sehr grossem Umfang Gebrauch macht, ist das schon mehrmals berührte „*Ueberfangen*“. Der Zweck hat Aehnliches mit dem Fourniren der Tischler, nem-

lich den, die Waaren von gewöhnlichem Glas mit einem dünnen Ueberzug von farbigem Glas zu versehen. Das Ueberfangen ist eine wichtige Erbschaft aus dem Mittelalter und zwar aus der Zeit der kunstmässigen Herstellung gemalter Kirchenfenster, veranlasst durch die eigenthümliche Natur der prachtvollen Glasfarbe mittelst Kupfer. Diese Farbe ist nemlich in dem Grade gesättigt, dass sie in Schichten von der Dicke einer Fensterscheibe kein Licht mehr durchlässt und unansehnlich lebrig erscheint. Nur in Schichten von einem Bruchtheil eines Millimeters, in denen das Glas für sich nicht mehr verarbeitet werden kann, erscheint die Farbe in voller Reinheit und Glanz. Dies führte auf die Herstellung von Tafeln aus gewöhnlichem Fensterglas, überzogen mit einer dünnen Schicht des kupferrothen Glases, auf den Ueberfang. Ueberfang;

Einige Zeit nach dem Aufkommen dieser Kunst verfiel man darauf, diese dünne Schicht stellenweise (durch Anschleifen) wegzunehmen und auf die entblössten Stellen andere Farben topisch aufzusetzen. Dies gab dem Ueberfang einen höchst schätzbaren Zuwachs seiner künstlerischen Verwerthung, die sich in der neuern Zeit noch vielfach ausgedehnt und entwickelt hat. Heutzutage macht man Ueberfang nicht bloss da, wo es die Natur der Farbe nothwendig macht, sondern noch viel häufiger, wo es die Natur der Farbe gar nicht gebietet. Es geschieht theils, um weitere Wirkungen durch Anschleifen des überfangenen Glases hervorzubringen, theils weil für manche kostspielige Farben der Ueberfang zugleich das Mittel einer mehr haushälterischen Benutzung ist. Man überfängt das Glas nicht bloss mit einer, sondern mit zwei und drei Schichten farbigem Glas, man macht Ueberfang nicht bloss mit durchsichtigen, sondern auch mit getrübten emailartigen Gläsern und bringt dadurch, oder indem man diese über einander liegenden Ueberfänge stufenweise wegätzt oder schleift, die mannichfaltigsten und überraschendsten Wirkungen hervor. Grössere oder geringere Stärke des Ueberfanges endlich, sind ein bequemes Mittel zur Erzeugung von helleren und tieferen Tönen der Farbe. Zweck;

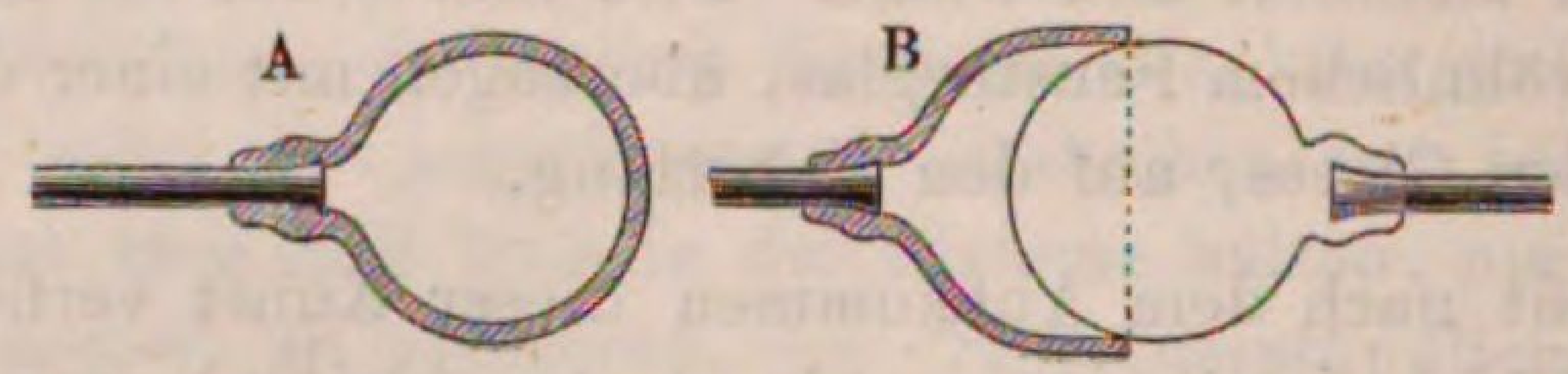
Eine natürliche Schwierigkeit bei der Herstellung von Ueberfangglas liegt in der unvermeidlichen Verschiedenheit der auf einander liegenden Glasschichten, welche ein verschiedenes Verhalten in Ausdehnung und Zusammenziehung beim Erwärmen oder Erkalten, mithin auch Gefahr des Reissens zur Folge hat. Diese Gefahr wird namhaft durch die grosse Dünne der farbigen Schicht gemildert, insbesondere aber noch dadurch beseitigt, dass man dem farblosen Glas durch seine Mischung möglichste Weichheit giebt, die Neigung zur Sprödigkeit möglichst benimmt.

Es sind verschiedene Arten von Ueberfangen im Gebrauch. Der Weg, den zu überfangenden Gegenstand mit dem gewöhnlichem Glase anzufangen, dann in das Buntglas zu tauchen und nachher fertig zu machen, liegt sehr nahe, ist aber unpraktisch und wird nur sehr selten gebraucht. Der Ueberfang fällt dabei unvermeidlich sehr dick aus, was erste Art.

Ueberfang; zweite Art

meist unzulässig ist. Häufiger ist ein anderer Weg, der mit dem vorigen gemein hat, dass der Ueberfang die äussere Schicht des Arbeitsstücks bildet. Es sind zwei Pfeifen nöthig. Der Arbeiter bläst an der ersten Pfeife aus dem Farbglas eine Kugel (Fig. 121 *A*) und öffnet diese glockenartig (*B*). In diese Glocke fügt er den inzwischen an der zweiten Pfeife angeblasenen Kolben von farblosem Glas und schneidet die farbige Glocke dann von der Pfeife. Beide Stücke müssen natürlich heiss und mit der Vorsicht zusammengefügt werden, dass keine Luftblasen eingeschlossen

Fig. 121.



bleiben. War die farbige Glocke gehörig dünn gearbeitet, so entsteht beim weitern Ausarbeiten auch ein Ueberfang von beliebiger Dünne. —

dritte Art;

Häufiger ist das Ueberfangen auf der innern Seite des Arbeitsstücks. Man nimmt mit der Pfeife etwas von dem farbigen Glas, soviel eben zum Ueberfang erforderlich, rundet es auf dem Walgstock und bläst es ein wenig auf. Nachdem es abgekühlt nimmt man damit nun mehrmals hinter einander farbloses Glas auf, bis die hinreichende Stärke des Glaskörpers erreicht ist, worauf die weitere Ausarbeitung wie gewöhnlich erfolgt. Es kommt zumeist darauf an, das richtige Verhältniss zwischen dem farbigen und dem andern Glas zu treffen, um die gewünschte Stärke und den Farbenton des Ueberfangs zu erhalten. Das ungefärbte Glas beträgt etwa das 10- bis 15fache des farbigen. — Eine vierte Art des Ueberfangs, die vorzüglichste, ist die mittelst „*Zapfen*“. Sobald das farbige

vierte Art.

Glas fertig geschmolzen und blank, formt man daraus mittelst des Hefteisens dicke, kurze Stäbe, bis die ganze Beschickung des Hafens ausgearbeitet ist. Diese Zapfen sind, je nach Gewohnheit und Bedürfniss, 3 bis 5 Centimeter dick bei einer Länge von 12 bis 30 Centimeter. Sie werden, noch heiss in den Kühlofen abgelegt, wie gewöhnliches Glas gekühlt. Die Zapfen sind nur die Form, in welcher man das Buntglas zur Verarbeitung auf Ueberfang zu beliebiger Zeit vorräthig hält. Bei dem Ueberfang selbst verfährt man nun wie folgt. Einige Zeit, ehe das zum Ueberfangen bestimmte Glas gar ist, legt man die dazu erforderliche Anzahl Zapfen in einen Nebenofen (Temperofen) ein, um sie auf die beginnende Glühhitze vorzuwärmen, so zwar dass beide Gläser zu gleicher Zeit in die zur Verarbeitung richtige Beschaffenheit eintreten. Der Arbeiter nimmt nun an der Pfeife etwas von dem ungefärbten Glas auf und formt daraus ein kleines Kölbchen. Während dessen hat der Gehilfe einen Zapfen an ein Bindeisen geklebt und wärmt diesen mit dem vordern Ende in der Arbeitsöffnung auf. Ist dies geschehen, so treten beide zusammen und heften das weiche Ende des Zapfens an den Boden des

Kölbchens, worauf der Gehülfe soviel als nöthig ($^1/_5$ bis die Hälfte der Länge) von dem Zapfen abschneidet. Das abgeschnittene Ende des Zapfens sitzt nun an dem kleinen Kölbchen und bildet damit ein Stück; nachdem das Zapfenende etwas ausgebreitet und das Ganze wieder gerundet, folgt nun die Aufnahme der eigentlichen Masse des ungefärbten Glases unter fortgesetztem Abrunden und Aufblasen, zuletzt die Formung des Gegenstandes nach den gewöhnlichen Regeln. Wie man leicht sieht, so bildet bei dieser Art des Ueberfangens die zuerst aufgenommene kleinere Menge des farblosen Glases allein den Nabel an der Pfeife, das farbige Glas befindet sich ausschliesslich am Arbeitsstück. Es findet also kein Verlust an farbigem Glas durch den an der Pfeife bleibenden Nabel statt, ein grosser Vortheil, namentlich beim Ueberfang mit Buntglas kostspieliger Herstellung, z. B. Goldpurpur u. a. m. Wie den Anfang des ersten Zapfens, so verwendet man den Rest und verfährt in gleicher Weise mit den folgenden Zapfen. Ueberfang:

Die beschriebenen Arten des Ueberfangens sind nicht für alle vorkommenden Fälle von gleichem Werth. Die zweite Art des Ueberfangs ist namentlich für Tafelglas bei billigeren Farben geeignet und in Frankreich üblich. Das Ueberfangen mit Zapfen ist die eigentlich deutsche Art, für theure Farben und farbige Krystalle die häufigste und zweckmässigste. Auch das Ueberfangen mit der Glocke ist nur für diese Gattung gebräuchlich aber natürlich mit grossem Verlust an Buntglas durch die Näbel verbunden. Werth der drei Arten.

Farben des Buntglases.

Blau.

Eine durch Schönheit, Tiefe, durch grosse Feuerbeständigkeit und Unwandelbarkeit ausgezeichnete Farbe liefert das Kobaltoxyd, in der Glasfabrikation in ausgedehntem Masse angewendet. In früherer Zeit bediente man sich ausschliesslich einer unter dem Namen „*Zaffer*" *) bekannten Zubereitung, die man durch Rösten der natürlichen Kobalterze (s. Smalte) und Versetzen mit gemahlenem Quarz erhielt. Die Kobalterze führen Kupfer, Eisen, Nickel, sowie Wismuth, Antimon-Arsen und Zinn, deren Verbindungen dem gerösteten Erze mehr oder weniger beigemengt bleiben. Namentlich sind dies die zuerst genannten und es giebt Erze, die bis 12 Procent Eisen enthalten. Viel theurer, aber ohne Vergleich reiner und vorzüglicher und ergiebiger ist das Kobaltoxyd, welches seit dem Aufkommen des Neusilbers (Legirung von Nickel und Kupfer) von den Nickelfabrikanten als Nebenprodukt in den Handel gebracht wird. Das reine Kobaltoxyd giebt ein ins Violette stechendes Blau, Mit Kobalt.

*) Die Ableitung von σάπφειρος (Sapphir) steht nicht fest.

ein reiches Indigoblau; Zaffer, durch das beigemengte Eisen mehr Azurblau. Der Betrag von 1 bis 3 Thle. Kobaltoxyd auf 100 Thle. Sand des Satzes giebt hinreichend satte Töne für Krystall. Für nicht überfangenes Tafelglas richtet sich der Zusatz zunächst nach der Dicke der Tafeln; für die gewöhnliche Dicke derselben von 1 bis 2 Millimeter rechnet man auf einen Hafen von 400 Kilogramm Beschickung 1,1 bis 1,2 Kilogramm Kobaltoxyd oder 8 bis 9 Kilogramm Zaffer; für Tafeln von 3 bis 4 Millimeter Stärke ist die Hälfte mehr als hinreichend. Der Sand ist mit hochgrädiger Soda, Kalk und einer starken Gabe Chilisalpeter zu schmelzen. — Zu blauem Ueberfang muss die Farbe natürlich in dem Verhältniss tiefer sein, als die Schicht des farbigen Glases dünn ist; es bedarf etwa 6 Thle. Kobaltoxyd auf 100 Thle. Sand des Satzes. Man zieht zum Färben ein bleihaltiges Glas aus Mennige und Soda vor, weil es weicher ist und weniger Bruch veranlasst. Bei einer Stärke des Ueberfangs von $^1/_6$ bis $^1/_7$ Millimeter giebt dieses Glas einen tiefblauen Ton. Hellere Töne erhält man durch dünneres Ueberfangen. Bruch und Abgang werden wieder benutzt und am besten für sich in ganzer Hafenbeschickung niedergeschmolzen, wo sie dann ohne weiteren Zusatz von Kobalt blaues Glas geben. Sehr gut lässt sich dieser Abgang auch zu dem gegenwärtig stark verlangten blauen Glas für Brillen verwenden. Zu diesem Glas muss der Ton viel heller und das von Natur grelle Blau des Kobalt auf einen gewissen Grad gebrochen und gedämpft sein. Auf eine Beschickung von 400 Kilogramm Glas ist nicht mehr als 0,2 Kilogramm Kobaltoxyd zu nehmen, wozu man 3 bis 4 Kilogramm Eisenoxyd zum Brechen der Farbe zufügt. Brocken von blauem Glas mit etwa dem dreifachen Gewicht ungefärbtem Glas nebst dem nöthigen Eisenoxyd thun dasselbe. Das so geschmolzene Glas hat einen milden, ins Graue ziehenden Ton. In England hat man für den gleichen Zweck häufig ein Glas, worin das Blau ganz und gar neutralisirt ist, eigentlich nur ein verdünntes Schwarz, unter dem Namen „*London smoke*".

Mit Kobalt und Eisen.

Mit Kupfer.

Ein Azur- oder Himmelblau zu farbigem Krystall giebt das Kupferoxyd, auf 100 Thle. Sand im Satze $1^1/_4$ Theil. Dabei ist es gerathen, einen Theil der Potasche durch Kalisalpeter zu ersetzen. Dass das Kupferoxyd mit Alabaster ein schönes Türkisblau liefert, ist S. 194 angezeigt.

Grün.

Mit Kupfer und Eisen.

Ein brauchbares und viel angewendetes Grün erhält man durch gleichzeitige Anwendung von Kupfer- und Eisenoxyd. Durch Steigerung des Kupferoxydes geht die Farbe mehr ins Blaue und umgekehrt. Wie bei dem Blau so auch bei dem Grün aus Kupfer ist streng im Auge zu behalten, dass dieses Metall als Bestandtheil des Glases unter dem Einfluss von Reductionsmitteln kein Blau, also auch kein Grün liefert. Die Flamme vom Steinkohlenfeuer bei offenen Häfen ist aus diesem Grunde nachtheilig, die Anwendung von Glaubersalz mit Kohle unzulässig. Bei

offenen Häfen mit Holzfeuer geht die Farbe leichter als bei Steinkohle und geschlossenen Häfen. Ein Zusatz von Salpeter zu dem Glas ist das sicherste Mittel, das Kupfer in dem Zustand zu erhalten, in welchem es blau (grün) färbt. Die Farbe ist nicht bloss in Potascheglas, sondern auch in Natronglas ausführbar. Auf 100 Thle. Sand des Satzes rechnet man für Krystallglas $^2/_3$ Thle. Kupferoxyd mit 3 Thln. Eisenoxyd; für Tafelglas ist mehr erforderlich, 6 Thle. Kupferoxyd mit 4 Thln. Eisenoxyd, bei 2 Millimeter Dicke. Die Farbe ist mehr ins Gelbe stechend, grasgrün. — In dem Zustande in welchem das Kupfer in grünem und blauem Glas vorhanden ist, hat es eine nur mässige Färbekraft. Dieser Umstand, sowie die Empfindlichkeit des Kupferglases gegen Reduction beim Schmelzen und beim Ausarbeiten machen es wenig geschickt zu Ueberfang.

Ein schönes, frisches Smaragdgrün erhält man, und zwar unmittelbar, durch Chromverbindungen. Mit Chrom. Das Chromoxyd im Verhältniss von $1^3/_4$ bis 2 Thle. auf 100 Thle. Sand giebt schon für die meisten Zwecke einen hinreichend satten Ton. Ebenso oft oder öfter bedient man sich des chromsauren Kalis; beim Schmelzen wird das Kali von der Kieselerde gebunden, während die bei der Glühhitze unbeständige Chromsäure in Oxyd und Sauerstoff zerfällt. Demnach sind Chromoxyd und chromsaures Kali für die Färbung praktisch nicht gleichwerthig; dies sind nicht einmal die beiden Kalisalze der Chromsäure: das neutrale giebt eine etwas stumpfe, das saure eine reiche, glänzende und frische grasgrüne Farbe. Das chromsaure Kali geht etwas schwer in glasigen Fluss und hinterlässt daher gern, wenn es nicht fein genug gepulvert war, dunkle Punkte im Glas.

Häufiger als einzeln gebraucht man beide Grün gleichzeitig, d. h. Mit Kupfer, Eisen und Chrom. man setzt neben Kupfer- und Eisenoxyd etwas doppelt chromsaures Kali zu, weil die Farbe dann sicherer glänzender ausfällt und mehr nach dem Gelben zieht. Für Krystall genügt auf 100 Thle. Sand $^3/_4$ Thle. Kupferoxyd mit 2 Thln. doppeltchromsaurem Kali und etwa eben so viel Eisenoxyd; für Tafelglas 5 Thle. Kupferoxyd mit 3 Thln. Eisenoxyd und $3^1/_2$ Thln. doppeltchromsaurem Kali.

Wenn die Menge des Chromoxyds in dem Glase steigt, so wird es Chromaventurin. bei tiefgrüner Farbe undurchsichtig und gänzlich mit grünen Krystallflimmern durchsetzt, es wird zu einem „*Chromaventurin*". Ein Satz aus 250 Thln. Sand, 100 Thln. kohlensaurem Natron, 50 Thln. Kalk, (400 Grm.) mit 10 Grm. doppeltchromsaurem Kali versetzt, gab ein gewöhnliches grasgrünes Glas; mit 20 Grm. ein tiefgrünes Glas mit etwas krystallinischen Flittern, also Anfang der Aventurinbildung; mit 40 Grm. volle Aventurinbildung; mit 50 Grm. eine schon zu strenge Aventurinmasse von viel weniger Schönheit (Pelouze). — Zu Chromaventurin hat zuerst Wächter 1849 eine Vorschrift für die Anwendung zu Porzellanglasur gegeben. — Nach der gewöhnlichen Annahme, für die man jedoch keinen Beweis hat, sind die in der Masse auftretende Krystalle Chromoxyd.

Gelb.

Mit Uran. Ein eigenthümliches, zuerst mit böhmischem Krystall in Deutschland aufgekommenes Citrongelb mit starkem Schein ins Grün wird durch Uranoxyd hervorgebracht. Der Farbenschiller ist eine Fluorescenz, die sich nur bei böhmischem Glas mit Kalk, nicht bei Bleikrystall zeigt. Der letztere nimmt mit Uranoxyd lediglich Gelb, und zwar ein etwas stumpfes Gelb ohne grünen Schein an.

Mit Antimon. Das Antimon als Spiessglanzglas (Vitrum antimonii) oder Schwefelantimon (ant. crudum) angewendet, giebt ebenfalls ein Gelb, aber von geringer Färbekraft und einem unansehnlichen, schmutzigen Ton. Man macht gegenwärtig wenig oder keinen Gebrauch mehr davon, wohl aber that man es früher, wo dieses Metall zu Glasfäden in Filigran, zu Perlen und Aehnlichem diente. Mit Bleikrystall würde sich Schwefelantimon natürlich nicht vertragen.

Mit Eisen u. Mangan. Aehnliches wie für Antimon gilt für Eisen und Mangan in Gemeinschaft; sie liefern in gewissem Verhältniss angewendet ein unansehnliches schmutziges Gelb ins Orange ziehend. Auf 100 Thle. Sand des Satzes 3 bis 4 Thle. Eisenoxyd und 22 Thle. Braunstein wird empfohlen; wiegt das Mangan vor, so geht die Farbe ins Braune, wiegt das Eisen vor, ins Grüne. Auch von dieser Farbe wird kaum noch Gebrauch gemacht, höchstens nur für Tafelglas und auch für dieses zieht man die beiden folgenden vor.

Mit organ. Stoffen, Dass Kohle, Holz, Stärke, Zucker, Weinstein und dergleichen organische Stoffe das Glas gelb färben und worauf dies beruht, ist schon bei einer frühern Gelegenheit erörtert und dargelegt worden. Ein weisses Glas mit blossem Zucker versetzt blieb weiss, mit Zucker und 1,75 Proc. Glaubersalz wurde es tiefgelb (Splitgerber). Jene von Splitgerber und Pelouze gegebene Erklärung, wonach jene organische Substanzen auf vorhandenes schwefelsaures Alkali im Glas reagiren, also Schwefelkalium oder Schwefelnatrium bilden, welches dann weiter auf das Eisen im Glase wirkt, ist nicht ohne Einwendungen geblieben. Man will gefunden haben, dass die entstehende Farbe mit der Menge der angewendeten organischen Substanz, nicht mit der des schwefelsauren Alkalis im Verhältniss steht (Bontemps). Ferner ist die Natur der organischen Substanz nichts weniger als gleichgültig für den Färbezweck, während sie doch nur durch ihre reducirende Eigenschaft wirken sollte. Holzkohle und Steinkohle geben ein Glas, welches zwar anfangs ganz gut und ziemlich reinen Tons erscheint, aber beim Ausarbeiten nachdunkelt und räucherig wird. Holz ist vorzuziehen. Die botanische Art macht keinen bedeutenden Unterschied; doch nimmt man am liebsten Pappel und Erlen, überhaupt weiches Holz. Ungleich wichtiger als die Art ist der Zustand des Holzes, denn nach aller Erfahrung ist grünes Holz dem trockenen weit überlegen, ja mit trockenem Holz kaum eine brauchbare Farbe zu erzielen. Man

wendet es als Sägespähne an und erhält ein Gelb, welches mitunter bis zu Roth geht, sehr beständig, selbst mehrmaligem Umschmelzen widerstehend. Mit Kohle gelb gefärbtes Glas etwa 15 Minuten lang bei schwacher Rothglut unter der Erweichungstemperatur erhalten, dunkelt auf, verliert an Durchsichtigkeit und wird zuletzt, wo es nur noch rothes Licht durchlässt, fast schwarz. Durch Umschmelzen geht das schwarze Glas wieder in den vorigen Zustand, in braungelbes Glas über. Mit Holz gelb gefärbtes Glas läutert sich langsam und schwierig in Folge reicher Blasenentwicklung. Mit Bleikrystall ist Kohle oder Holz natürlich unverträglich, die Farbe geht nur mit Kalk-Alkaliglas ohne Blei. Auf 100 Thle. Sand des Satzes sind 3 Thle. Sägespähne ausreichend, für Tafelglas ist mehr, etwa 4 Thle. nothwendig. — Bei Krystall macht man wenig Gebrauch vom Färben mit Holz, weil man bessere und leichter herzustellende Farben in Gelb hat.

Von ungleich grösserm praktischem Werth als die vorigen ist für viele Fälle das Gelb mit Silber, sowohl wegen der Schönheit der Farbe, die von hell citronengelb bis Orange wechselt, als wegen der eigenthümlichen, bequemen und noch in anderer Beziehung vortheilhaften Art es anzubringen. In der Masse, durch Zusammenschmelzen mit Silberpräparaten lässt sich das Glas nicht gut färben. Schmilzt man das Glas, wenn auch nur mit einem halben oder viertel Procent Silberoxyd, so erhält man zwar ein wohlgefärbtes gelbes Glas, aber es wird beim Erkalten opalisirend, achatartig undurchsichtig grüngelb mit blauen Adern. Das Färben mit Silber wird vielmehr auf der Oberfläche der fertigen (geformten und geschliffenen) Glaswaaren vorgenommen und zwar in der Art, dass man die Oberfläche mit dem Silberpräparat überzieht und das Glas einige Zeit einer mässigen Rothglut aussetzt, bei der es noch nicht erweicht. Diese Färbung ist mithin eine und zwar die gewöhnlichste „*Lasur*“. Als passende Silberpräparate wählt man Silberoxyd oder Chlorsilber. Aeusserst feine Zertheilung des Silberpräparates ist wichtige Bedingung; man versetzt sie daher mit einem Zwischenmittel zur bessern Zertheilung und Verdünnung; das Silberoxyd zerreibt man mit Eisenoxyd, das Chlorsilber mit gewöhnlichem Thon. Die Mischung soll etwa 10 Thle. Versatz auf 1 Thl. Silber enthalten. Für Krystallglas bietet diese Färbung mehrere Vortheile; zunächst ist sie ganz und gar unabhängig von der Wandstärke des Glases und deren Verschiedenheiten und fällt überall von gleichem Ton aus; da man ferner die silberhaltige Mischung mit dem Pinsel wie Malerfarbe aufträgt, so kann man Oberflächen von jeder Gestalt und beliebige Oberflächentheile damit überziehen und andere frei lassen, man kann Aussparungen, kurz topische Färbungen aller Art damit vornehmen; endlich ist der Verbrauch an Silber sehr gering, das Auftragen leicht, die Temperatur zum Einbrennen unter der Muffel sehr mässig, die Farbe ist daher sehr wohlfeil. — Um Tafelglas zu färben, breitet man die mit Wasser ziemlich dünn angemachte, reichlich aufgetragene Mischung mit dem Pinsel auf die sorgfältig gereinigte Glasfläche aus. Indem man nun

Lasur mit Silber.

Lasur mit Silber.

die Tafel abwechselnd über eine Ecke neigt und in wagerechter Lage mit kurzen Schlägen der Hand gegen die Kante erschüttert und dieses mit allen vier Ecken wiederholt, fliesst der Ueberschuss der Mischung ab und das Anhaftende vertheilt sich völlig gleichmässig. Sind die so mit Silbermischung überzogenen Tafeln vollkommen getrocknet, so schreitet man zum Einbrennen. Man bedient sich dazu einer Muffel oder auch, wo man im grösseren Massstabe arbeitet, eines den Strecköfen ähnlichen Ofens, der sich nur dadurch unterscheidet, dass der Kanal zum Einbringen weit genug ist, um eine bereits gestreckte Tafel durchzulassen. Die Hauptsache ist Einhaltung der richtigen Temperatur. Schon die beginnende Glühhitze ist hinreichend; Chemiker wissen, dass beim Erhitzen von Chlorsilber in Glasröhren über der Spirituslampe (wie dies u. a. bei Brombestimmungen vorkommt) das Glas bereits eine starke gelbe Färbung annimmt. Steigt die Hitze beim Einbrennen bis zum Erweichen des Glases, so tritt nicht bloss Gefahr ein, dass die Mischung festhaftet, sondern die Farbe fällt auch ab, opalisirt, wird fleckig, etwas metallisch glänzend u. s. f. Bei richtigem Brand muss die Mischung völlig lose liegen und lässt sich leicht und völlig mit der Bürste wegnehmen. Die abgebürstete Mischung kann wieder wie anfangs gebraucht werden, giebt aber ohne neuen Zusatz von Silber einen hellern Ton. Der Ton des mit Silber lasirten Glases wechselt von Hellgelb bis Orange, es hängt dies einigermassen von der Dauer, auch wohl von der Temperatur des Einbrennens ab, aber erfahrungsmässig in viel höherm Grade von der Beschaffenheit des Glases. Harte, strenge Gläser, sowohl Krystall- als Tafelglas, färben sich besser und tiefer; manche leichtflüssige Gläser schlechter und weniger satt; böhmischer Krystall eignet sich besser als Bleikrystall. Gläser mit Kelp, mit kochsalzhaltiger Soda oder auch mit Zusatz von Kochsalz zu dem Satz, sollen sich ebenfalls schöner und tiefer färben. Wenn man Tafeln, besonders aus Glas von günstiger Beschaffenheit, nach einander auf beiden Oberflächen lasirt, so erhält man natürlich die tiefsten Töne, die schon mehr roth als orange erscheinen.

Violett.

Mit Mangan.

Von der Einwirkung der Manganverbindungen auf die Farbe des Glases ist schon in dem allgemeinen Theil über die Glasfabrikation S. 33 die Rede gewesen. Sowie zum Entfärben der Braunstein das übliche Mittel ist, so ist er es auch zum Violettfärben des Glases. Es ist an jener Stelle schon darauf hingewiesen worden, dass der Braunstein in Gegenwart von reducirenden Stoffen (Kohle, Eisenverbindungen u. s. w.) eine äusserst blasse rosa Farbe, sonst aber ein tiefes und feuriges Violett bis Amethystroth giebt. Es versteht sich von selbst, dass man nur reine, weiche, namentlich möglichst eisenfreie Braunsteinsorten anwendet. Ebenso dass reducirende Flammen, wie die der Steinkohle, unzuträglich sind und die Farbe bei Holzfeuer oder im bedeckten Hafen herzustellen ist. In

kalihaltigem Glas fällt das Violett mehr ins Blaue, im Natronglas mehr ins Rothe. Auch durch Zusatz von etwas Kobaltoxyd entsteht Blauviolett, von Eisenoxyd Braunviolett; die letztere Mischfarbe in helleren Tönen ist die Fleischfarbe der alten Glasmalerei. Das Mangan wirkt sehr merklich als Flussmittel, man muss daher das zu färbende Glas in dem Satz etwas strenger mischen. Für Krystall genügen $2^1/_2$ bis 3 Thle. Braunstein auf 100 Thle. Sand in dem Satze für einen hinreichend tiefen Ton; mit 1 bis $1^1/_2$ Thln. Braunstein erhält man eine schöne Amethystfarbe. Für Tafelglas muss die Farbe natürlich satter sein, man bedarf für Tafeln von 1 bis 2 Millimeter Dicke auf 100 Thle. Sand in dem Satze etwa 8 Thle. Braunstein, zu Ueberfang noch weit mehr, bis 22 Thle. Braunstein. — Reichliche Zugabe von Salpeter zu Manganviolett ist stets rathsam.

Alles mit Braunstein violett gefärbte Glas hat die Eigenschaft, mit der Dauer des Schmelzens sowie des Ausarbeitens an Tiefe des Tons zu verlieren. Eigenthümlich ist ferner, dass (beim Schmelzen in offenen Häfen) der Braunstein, selbst in stärkeren Beträgen, als Beigabe zu Kobalt ganz unwirksam ist und kein violettes, sondern ein reines Blau liefert, so z. B. noch, wenn man auf 100 Thle. Sand 0,4 Thle. Kobaltoxyd und 5 Thle. Braunstein nimmt.

Purpurroth mit Gold.

Die Kunst, Glas mit Gold zu färben, war weder den Künstlern der ältesten Zeit noch denen des Mittelalters bekannt. Die Glasmalerei dieses Zeitalters auf Kirchenfenstern, die von dem mit Kupfer roth gefärbten und in mehr als einer Beziehung verwandten Glas umfassenden Gebrauch macht, kennt das mit Gold gefärbte Glas noch nicht. Die Anfänge jener Kunst fallen vielmehr in die Zeit des Erlöschens der kirchlichen Glasmalerei und gehören, wie aus bestimmten Andeutungen hervorgeht, dem alchemistischen Zeitalter der Chemie an. Bei dem geheimnissvollen Wesen der Alchemisten begreift sich unsere Unkenntniss der ersten Entdeckung. Libavius spricht (in seiner 1595 erschienenen „Alchemia") die Ansicht aus, dass Rubine (auch Topase und Hyacinthe) durch künstliche Färbung mit Goldlösung erhalten werden können. Auch Glauber giebt (in furnis novis philosophicis 1648) Vorschriften zur Nachahmung von Rubinen aus Glasflüssen mit Gold. Aehnliche Beobachtungen finden sich bei Tachenius (1668) und bei Boyle (1684). — Geschichtliches.

Die ältesten Werke über Glasmacherkunst enthalten bereits bestimmte, aber sehr dürftige Anweisungen zur Anfertigung von rubinrothem Glas aus Gold. Neri, ein italienischer Priester (Ende des XVII. Jahrhunderts), schreibt in seinem Werke vor, das Glas mit in Königswasser gelöstem und zur Trockne gebrachtem Gold zu schmelzen und die Schmelze öfter in Wasser abzuschrecken. Sein Uebersetzer und Commentator Kunkel bemerkt zu dieser Vorschrift: Es gehöre mehr dazu, das Glas in Karfunkel oder Rubin zu verkehren; der Autor hätte näher zum Ziel schiessen

müssen, wenn man glauben sollte, er habe dergleichen zu machen verstanden.

Kunkel scheint in der That der erste gewesen zu sein, der die Kunst, Glas mit Gold zu färben, wirklich praktisch verstand, das heisst, die Bedingungen beherrschte, unter denen diese prachtvolle Farbe mit Sicherheit kann hervorgebracht werden. Kunkel, 1679 durch den grossen Kurfürsten als „Geheimer Kammerdiener und Alchemist“ nach Potsdam berufen, wo ihm ein Laboratorium eingeräumt wurde, wusste seinen Herrn so sehr für das rubinrothe Goldglas einzunehmen, dass ihm dieser eigens eine Glashütte (auf der Pfaueninsel) errichten und namhafte Summen in Ducaten für die Fabrikation dieses Glases überweisen liess. Dreissig Jahre nach Kunkel's Tod wurde diese Glashütte nach Zechlin verlegt, wo sie heute noch besteht. Kunkel erzeugte Goldrubin in grossen Mengen, der damals viel Ruf genoss, aber die Vorschrift blieb tiefes Geheimniss. So viel drang übrigens durch, und zwar in Uebereinstimmung mit der 1836 bekannt gewordenen Ueberlieferung der Zechliner Hütte, dass das von Kunkel angewendete Präparat der Goldpurpur von Cassius war. Wahrscheinlich ist es die Purpurfarbe dieses gold- und zinnhaltigen Niederschlags, welche Kunkel verleitete, ihn für das wahre Material für das Rubinglas zu halten. — Seitdem ist der Goldrubin der Gegenstand zahlreicher und wiederholter Bearbeitungen gewesen; die darüber erwachsene Literatur zeichnet sich ebenso sehr durch Umfang, als durch Dürftigkeit an guter Beobachtung und sicheren Anweisungen aus. Folgende Punkte sind bis dahin bezüglich der sehr eigenthümlichen Natur und Verhalten des Goldrubins als feststehend erkannt. Sie finden in den (noch nicht veröffentlichten) Beobachtungen von W. Müller über die Bedingungen der Entwicklung der Purpurfarbe in goldhaltigem Glase wichtige Ergänzung.

Bedingungen:

Die Fähigkeit des Goldes, in dem Glase Purpurfarbe hervorzubringen, hängt von keiner bestimmten chemischen Verbindung dieses Metalles ab, allen Goldpräparaten kommt diese Eigenschaft zu, sie kommen endgültig doch nur als metallisches Gold zur Wirkung: der Goldpurpur enthält schon an sich das Gold in metallischem Zustande; Goldoxyd, Knallgold, Goldchlorid werden sammt und sonders schon bei Temperaturen unterhalb des Schmelzpunktes des Glases reducirt und können nur als metallisches Gold beim Fluss des Glases in Betracht kommen. Endlich weiss man, dass das metallische Gold, als solches dem Glase zugesetzt, ebenso färbende Wirkung zeigt, wie die verschiedenen Präparate. Von ungleich grösserer Wichtigkeit als der chemische, ist der physikalische Zustand des Goldes.

Bereitung des Goldes.

Die zur Darstellung des Purpurglases erforderliche Temperatur ist beträchtlich höher als der Schmelzpunkt des Goldes; das Gold schmilzt, ehe es als Bestandtheil in das Glas übergehen kann; indem es schmilzt, in Tropfen zusammenfliesst und zu Boden sinkt, entzieht es sich in gleichem Mass der lösenden Wirkung des Glases. Es ist daher wesentlich, dass das Gold durch die feinste Zertheilung daran gehindert wird, zu früh in Tropfen zusammen zu laufen. Diesen Forderungen entspricht

die Art, wie man das Gold in der heutigen Praxis anwendet, vollkommen. Man löst es in Königswasser und befeuchtet den Satz, besser noch den blossen Sand mit der nicht zu concentrirten Lösung, zweckmässig erst einen kleinern Antheil des Sandes unter allmählicher Hinzufügung des Restes. So entsteht bei der ersten Einwirkung des Feuers durch Reduction des Chlorids ein äusserst dünner Ueberzug, eine Art Vergoldung der Sandkörner, die das Metall bis zur Schmelzung und Auflösung in Schwebe halten. Mit dem Schmelzen des Goldes hängt die Thatsache zusammen, dass es kaum jemals vollständig in das Glas eingeht, sondern stets zum Theil, meist sogar zum grösseren Theil, als gelbe Körner am Boden des Hafens gefunden wird und durch Pochen und Waschen der untersten Glasschicht wieder gewonnen werden muss. Bedingungen:

Ein zweiter wesentlicher Erfahrungssatz ist der, dass das Glas auch bei der sattesten Rubinfarbe stets nur eine ungemein geringe Menge Gold aufnimmt. Dies spricht sich schon in den Vorschriften zu Goldrubin als Ausdruck der Erfahrung aus. So schreibt vor: Splitgerber 1 Gwthl. Gold auf 946 Thle. Glassatz, Pohl auf 1478 Thle., Metzger (auf der Zechliner Hütte, wohl nach Kunkel's Recept) auf 1646 Thle., Pohl auf 15 000, derselbe auf 18 700 Thle. und Kohn auf 20 000 Thle. Glassatz. Sicherlich bewegt sich der wirklich in das Glas übergegangene Betrag von Gold meist nur in Zehntausendtel desselben. Splitgerber fand in einem von ihm geschmolzenen Goldpurpur durch Analyse 6 Zehntausendtel, Böhme in einem Goldglas von Murano ebenso 1 Zweitausendtel Gold. Nach W. Müller ist die Färbung bei 1 Thl. Gold auf 50 000 Thle. Satz noch deutlich wahrnehmbar. Der Goldgehalt ist mithin an der Grenze der Bestimmbarkeit durch quantitative Analyse, die färbende Kraft des Goldes ausserordentlich gross. Menge des Goldes;

Von grosser Wichtigkeit ist ferner die Natur des zu färbenden Glases. Zwar zeigen Kalkgläser die Farbenerscheinung, wenn nach den Regeln mit Gold behandelt, aber der Farbenton ist schwerer zur Erscheinung zu bringen und nur hell, selten tiefer als Rosa. Bleihaltige Gläser machen auch hier ihre Natur geltend, sie färben sich unter gleichen Umständen tief und satt. Das Alkali macht keinen Unterschied oder höchstens den, dass das Kaliglas für die Farbe eine reinere Grundlage abgiebt, als das Natronglas. Praktisch sind daher allein Bleigläser, und zwar mit Potasche geschmolzene vorzuziehen. Alle die Zusätze zu dem Glas, von denen man früher glaubte, dass sie zur Färbung nöthig oder förderlich seien, sind ohne Bedeutung, so Zinn, Antimon; doch soll die Farbe bei Gegenwart von Antimon mehr roth, weniger violett ausfallen (Pohl). Bleifreie Gläser färben sich bei Zusatz von Antimon (Vitrum antimonii) nicht tiefer, als ohne diesen (W. Müller). Natur des Glases;

Als dritte Bedingung ist die Temperatur aufzuzählen, bei der das Gold dem Glase einverleibt wird. Es genügt durchaus nicht, das Glas eben nur blank zu schmelzen. Es ist unerlässlich, das Glas einem sehr hohen Hitzgrad, nicht unter der beginnenden, besser der vollen Weissglut, auszusetzen, Schmelztemperatur.

Bedingungen: gleichviel ob der Grad der Schmelzbarkeit des Glases eine weniger hohe Temperatur verlangt, oder nicht (W. Müller). Schmilzt man z. B. Bleikrystall mit Gold lediglich bei dem Hitzgrad, den er eben verlangt, um Glas zu werden, so ist das Glas nach dem Herausnehmen „*leberig*". Es hat oberflächlich und im auffallenden Licht angesehen eine braune Farbe, im durchfallenden Licht erscheint es schön himmelblau. Genauer betrachtet besteht es aus klarem Glas, in welchem sehr kleine Partikeln eines braunen Körpers wie ein Niederschlag zertheilt sind. Der Körper ist mattes braunes Gold, niedergeschlagen wie aus Eisenvitriol u. s. w. Die Temperatur reicht in diesem Fall eben für die Zersetzung des Goldchlorids, nicht aber für die Aufnahme des gefällten Goldes durch das Glas hin, nicht einmal, wie es scheint, um das gefällte Gold zu schmelzen.

Nach der regelrecht behandelten Schmelzung bei dem erforderlichen Hitzgrad ist das Gold nun wirklich in das Glas eingegangen, ohne dass sich dieses vorerst von gewöhnlichem Glas wesentlich in der Farbe unterscheidet. Ausgeschöpft aus dem Hafen, erscheint es nach dem Erstarren in der Regel und je nach den Umständen der Erkaltung gänzlich farblos mehr oder weniger gelb, zuweilen schön topasgelb, bis grüngelb, zuweilen madeirafarbig. Im Allgemeinen um so heller, je rascher, um so dunkler, je weniger rasch die Erkaltung, sofern sie überhaupt noch rasch und nicht zu langsam stattfindet, wo dann Erscheinungen anderer Art vorkommen.

Abkühlung. Eine weitere praktische Bedingung ist nach diesem Verhalten die Abkühlung des Glases, die Art, wie es nach der Schmelzung in den starren Zustand übergeführt wird. Als man goldhaltigen Bleikrystall nach regelrechter Schmelzung, ohne ihn aus dem Feuer zu nehmen, im geschlossenen Ofen also möglichst langsam erkalten liess, so erhielt man ein wohlgeflossenes, aber undurchsichtiges, tief schwarzgrau gefärbtes Glas. Das Gold befindet sich darin in dem Zustand der allerhöchsten Zertheilung, wie beim Fällen mit Quecksilberoxydulsalzen, als schwarzer, äusserst zarter Niederschlag. — Um das Glas für die Entwicklung der rothen Farbe zu befähigen, ist die rasche Abkühlung eine unerlässliche Bedingung, d. h. das fertige Glas muss den Temperaturabstand zwischen der Schmelzhitze, bei der es erzeugt wird, und der Erstarrung in möglichst kurzer Zeit möglichst rasch durchlaufen. In richtiger Erkenntniss dieser Forderung verlangen schon die ältesten Vorschriften das Schrenzen, d. h. Ausschöpfen des Goldglases in Wasser, selbst öftere Wiederholung dieses Abschreckens. Mit Gold gefärbter Krystall erscheint nach dem Abschrenzen in Wasser farblos oder topasgelb; in dicken Stücken, oder statt in Wasser auf einer trocknen Thonplatte ausgegossen, wo die Abkühlung weniger schroff ist, madeirafarbig. Ein und dieselbe Schmelze, halb in Wasser und halb auf eine solche Platte ausgegossen, erscheint dort farblos (gelb), hier madeirafarben.

Erhitzt man nach obigen Regeln geschmolzenes und abgekühltes Glas bei mässiger Temperatur bis zum Schmelzen, so geht es durch, d. h. es wird leberig, in auffallendem Lichte braun getrübt, in durchscheinen-

dem Licht blau. Erhitzt man es bei langsam steigender Temperatur, so beginnt mit dem ersten Eintritt der Glühhitze die Entwicklung der rothen Farbe. Gläser mit höherem Goldgehalt erleiden die Wandlung in die rothe Farbe rascher, bei mässigerer Temperatur und nehmen einen tiefern Ton an; goldarme Gläser thun es langsamer, bedürfen mehr Hitze und werden nur rosa. Aus diesem Grunde geben bleifreie Gläser keinen eigentlichen Goldrubin, nur Rosa; bleihaltige allein eigentlichen Rubin; blosse Bleisilicate mit Gold geschmolzen erscheinen schon tief Rubinroth nach dem Schrenzen in Wasser, was bei Bleikrystall selten oder nie vorkommt (W. Müller). Für den Goldrubin der Glashütten ist die Temperatur noch unterhalb derjenigen, bei der das Glas erweicht, sie entspricht dem eben im Dunkeln sichtbar werdenden Glühen und liegt zwischen dem Schmelzpunkt des Zinks und 500° C. (Splitgerber). Die Entwicklung der rothen Farbe geht mit allmählicher Steigerung vor sich; bei hinreichend mit Gold gesättigtem Glas in dickeren Stücken, bis zur Undurchsichtigkeit. Diese Erscheinung, bei den Glasmachern das „*Anlaufen*" genannt, ist ein rein innerer Vorgang des Glases und von der äussern Umgebung gänzlich unabhängig. Es läuft an in einer Atmosphäre von Wasserstoff, Kohlenoxyd, eingebettet in Kohlenstaub, Sand, Zinkoxyd, eingetaucht in geschmolzenem Salpeter, in chlorsaurem Kali, in der Lichtflamme, überall ganz wie in der Luft. Die Dichte des Glases scheint sich um einiges bei dem Anlaufen zu vermindern. Zwei Proben eines aus Sand, Mennige, Kalk, Soda, Kalisalpeter und Spiessglanzglas geschmolzenen Glases, von der Dichte = 2,606 vor dem Anlaufen, ergaben nach dem Anlaufen eine Dichte von 2,601 und 2,598 (Splitgerber). Das Anlaufen.

Wird das roth angelaufene Glas bei hoher Temperatur wieder eingeschmolzen, so wird es wieder farblos, verhält sich wie unmittelbar aus dem Satz geschmolzenes, goldhaltiges Glas und läuft, ebenso behandelt, aufs Neue an. Dieser Wechsel kann beliebig oft wiederholt werden. Ebenso kann schwarz oder lebrig durchgegangenes Goldglas durch Umschmelzen bei hoher Temperatur wieder in blankes, Rubinroth anlaufendes verwandelt werden. Farbloses, bis zum Anlaufen fertiges Goldglas längere Zeit dem Licht, selbst zerstreutem Licht ausgesetzt, wird nach Jahr und Tag allmählich gelbroth, dann rothgelb, endlich zwiebelroth durch die ganze Masse.

In den Glashütten verwendet man allgemein und am zweckmässigsten Ducatengold, in Königswasser aufgelöst, zum Besprengen des Satzes oder Sandes. Jeder stark mit Mennige geschmolzene Bleikrystall ist vollkommen als Grundlage zum Färben brauchbar. Am besten, obwohl es nicht unbedingt nothwendig, schmilzt man den Bleikrystall erst für sich, schöpft ihn in Wasser und setzt dann dem zerkleinerten Krystall das Gold als Lösung zu, worauf man unter den angeführten Massregeln schmilzt. Die bekannt gewordenen Vorschriften, von denen hier einige folgen, enthalten zum Theil viele überflüssige Zusätze. Satz.

Satz.

	Pohl a.	Pohl b.	Kohn	
Sand	3 Pf. 9 Lth.	33 Pfd.	51 Pfd. 17 Lth.	12 Pfd.
Mennige	— „ 9 „	63 „	1 „ 4 „	15 „
Potasche	—	2 „	—	3 „
Soda	— „ 26 „	—	—	—
Salpeter	1 „ 28 „	5 „	13 „ 15 „	2 „
Borax	—	—	13 „ 15 „	—
Kalk, kohlensaurer	— „ 8 „	—	—	—
Arsenik	— „ 4½ „	—	1 „ 4 „	—
Spiessglanzglas	— „ 8 „	5 Lth.	—	—
Brocken von Rubinglas	—	60 Pfd.	—	—
Dazu Ducatengold	1 Ducaten	1 Ducaten	8 Ducaten	12 Gran

Die letzte und einfachste Vorschrift von Kohn lässt, bis auf den etwa um die Hälfte zu kleinen Zusatz von Gold, nichts zu wünschen übrig. — In der Regel wird das goldgefärbte Glas als Ueberfang behandelt, und es bedarf kaum der Bemerkung, dass das Anlaufen beim Ausarbeiten von selbst stattfindet.

Compositionsbrennen.

H. Pohl beschreibt die Gewinnung des Rubins im Grossen, wie sie in Josephinenhütte (bei Schreiberau in Schlesien) üblich, folgendermassen. Man verfertigt in dieser Hütte dreierlei Goldrubin: zu Ueberfang von Krystall, zu Ueberfang von Alabaster, endlich solchen, der nicht zu Ueberfang, sondern für sich allein verarbeitet wird. Das letztere kommt bei Hohlglas sehr wenig vor und beschränkt sich fast ganz auf massive Gegenstände, nachgeahmte Edelsteine, Knöpfe u. s. w. Man verarbeitet wöchentlich zu Ueberfang 1½ bis 3 Centner Goldrubin.

Zu Ueberfang für Krystall bedient sich Pohl eines Glassatzes mit Salpeter und Borax, zu Ueberfang für Alabaster mit Salpeter und Mennige. Zu beiden Sätzen kommen gleiche Theile Zinn und Gold, jedes gelöst und die Lösung mit 8 Theilen Wasser verdünnt. Aller Rubin zu Ueberfang muss selbstverständlich dunkel, von tiefer Farbe sein; umgekehrt der nicht zu Ueberfang bestimmte im Allgemeinen heller. Zu dem letztern dient die Vorschrift a. in der vorhergehenden Tabelle ohne Zinn; ein grösserer Zusatz von Gold mit Braunstein giebt einen dunkeln granatfarbenen Rubin. Das Gold wird aufgelöst und mit 5 bis 10 Thln. Wasser verdünnt, der Satz nach der oben Seite 211 gegebenen Regel beigemischt.

Der Satz „*Composition*“ in der Kunstsprache genannt, wird nicht in gewöhnlichen Häfen, sondern in kleineren Gefässen geschmolzen. Früher nahmen die Compositionsbrenner dazu Krüge, gegenwärtig Töpfe mit

Thondeckel, der mit Lehm verstrichen wird. Die Schmelzgefässe stehen jedes in einem weiten Napf, der bis zur halben Höhe reicht; der etwa 2 bis 3 Centimeter betragende Zwischenraum ist mit Sand oder Ziegelmehl ausgefüllt, zum bessern Widerstand gegen den Druck des Glases. Solcher Schmelzgefässe stehen je sechs in einem besondern Compositionsofen. Das Vorfeuer oder Tempern dauert 6 bis 7 Stunden; in der achten Stunde geht man bis zur Schmelzhitze; nach 11 bis 12 Stunden von Anfang ist die Schmelzung beendet. Man lässt dann den Ofen sammt Inhalt erkalten. Die Töpfe oder Krüge sind dann bis etwa zur Hälfte mit Rubinglas angefüllt, welches in der Regel weiss oder gelblich, zuweilen schon roth erscheint *).

Natur des Goldrubins.

Bis jetzt hat man keinerlei bestimmte und bewiesene Erkenntniss von der Natur des Goldglases, von der Art wie das Gold darin enthalten ist. Schon die Geringfügigkeit der Menge, in der es von dem Glase aufgenommen wird, ist ein kaum übersteigliches Hinderniss der Untersuchung. Die Streitigkeiten, ob das Gold als Oxyd oder als Oxydul vorhanden, sind ohne allen Boden und schon von Schubarth gründlich widerlegt. Seine Ansicht, soweit sie das Anlaufen als eine Ausscheidung von regulinischem aber unendlich fein zertheiltem Gold erklärt, zerschellt an der vollkommenen Durchsichtigkeit des Rubinglases, sowie an der Thatsache eines goldhaltigen, völlig farblosen Glases; nur in soweit hat seine Ansicht Bestand, als sie auf Grund der Unbeständigkeit der Verbindungen des Goldes, der leichten Reducirbarkeit der Oxyde in der Hitze, sowie dem Umstand, dass kieselsaures Gold nicht darstellbar noch gekannt ist, das Vorhandensein von Goldverbindung in dem Glase für unzulässig erklärt. Demnach kann das Gold kaum anders, als irgendwie metallisch im Glase enthalten sein, nicht bloss in den getrübten, sondern auch in den durchsichtigen Formen. Dafür spricht nicht minder die hervorstechendste Eigenschaft des Goldglases, nemlich die, dass es Wechsel und Wandlungen zeigt, die den verschiedenen allotropischen Zuständen und Niederschlagsformen des Goldes in Lösungen entsprechen **). Diese Analogie sowie die Thatsache, dass metallisches Gold von flüssigem Glas unmittelbar aufgenommen wird, machen es wahrscheinlich, dass das Goldglas einfach durch Lösung von metallischem Gold in schmelzendem Glas entsteht, dass das hochglühende flüssige Glas ein Lösungsmittel ist für metallisches Gold

*) In dieser Beschreibung ist unter Salpeter wohl Kalisalpeter gemeint. Auch andere Punkte sind dunkel: so das Material der Töpfe oder Krüge und Näpfe, der Thon, woraus sie bestehen; ferner ist die Anwendung von Lehm und Ziegelmehl bedenklich, die doch im Glasofen unfehlbar schmelzen; endlich ist von der Temperatur beim Schmelzen keine Rede, noch davon, ob der Rubin vor dem Verarbeiten geschrenzt wird oder nicht.

**) Dieselben Wandlungen hat Ebelmen in einer mit Goldchlorid versetzten Kieselgallerte (aus Kieseläther) durch den Einfluss des Sonnenlichts hervorgebracht. Die Gallerte ging von Gelb in Purpur über und schied zuletzt feine Flimmer von Gold aus.

als solches. Das gelungene Goldglas wäre darnach eine erstarrte Lösung von Gold in Glas (etwa wie gefärbter geschmolzener Zucker oder gefärbte Transparentseife), worin das Gold je nach dem Wechsel der Temperatur allotropische Wandlungen durchmacht. Das misslungene oder „*durchgegangene*“ Goldglas wäre Glas, worin das Gold aus der Lösung abgeschieden als schwarzer oder brauner Niederschlag niederfällt.

Chemischer Bestand.

In einem zu Emailmalerei bestimmten Schmelzglas von Murano in Gestalt von einer Pasta fand Böhme:

Kieselerde	58,98
Bleioxyd	22,93
Kalk	3,80
Magnesia	0,50
Kali	6,70
Natron	5,79
Eisenoxyd	2,20
Zinnoxyd	0,69
Gold	0,0492
	101,6392

nebst Spuren von Arsenik.

Hochroth mit Kupfer.

Geschichtliches.

Mit Kupfer roth gefärbte Gläser sind schon den Römern bekannt gewesen und wiederholt bei Ausgrabungen gefunden worden. Klaproth wies zuerst den Gehalt an Kupfer (5,97 Proc.) an einer auf der Villa des Tiberius auf Capri gefundenen Paste nach. Völcker bestätigte diese Thatsache an einer Probe aus einem römischen Mosaikfussboden von Cirencester in England. Rothes Glas dieser Art ist in der kirchlichen Malerei des Mittelalters in hoher Ausbildung und bedeutendem Umfang benutzt worden. In der Kraft, roth zu färben, übertrifft das Kupfer das Gold bei weitem, allerdings ist auch die Menge des Kupfers, die in das Glas eingeht, viel beträchtlicher.

Verschiedene Zustände.

Die rothe Farbe des Glases durch Kupfer ist stets nur unter dem Einfluss reducirender Zusätze beim Schmelzen möglich. Je nach dem Betrag des unter dieser Voraussetzung in das Glas eingeführten Kupfers ist die Natur der durch Reductionsmittel geschmolzenen Gläser abweichend. Bei hohem Kupfergehalt entstehen unter gewissen Umständen durchscheinende Gläser mit metallglänzenden, krystallinischen Einschlüssen, unter anderen Umständen völlig undurchsichtige, emailartige, hoch- bis dunkelrothe Glasmassen. Bei niederm Kupfergehalt, der eine gewisse enggesteckte Grenze nicht überschreiten darf, entstehen durchsich-

tige Gläser, die sich durch eine prachtvoll hochrothe, etwas ins Gelbe gehende ausserordentlich gesättigte Scharlachfarbe auszeichnen, „*Kupferrubin*".

Kupferrubin.

Kupferrubin erscheint nur in sehr dünnen Schichten durchsichtig und wird deshalb stets und ausschliesslich als Ueberfang verarbeitet. In stärkeren Schichten erscheint er undurchsichtig und in diesem Zustande unansehnlich rothbraun und leberig. Das Kupferrubinglas zeigt in seinem Verhalten auffallende Aehnlichkeit mit dem Goldglas, namentlich und vor allen die Eigenschaft, dass es zunächst in farblosem Zustande erhalten wird und die rothe Farbe erst durch Anlaufen annimmt.

Schmelzendes Glas nimmt metallisches Kupfer auf; in St. Gobin entstand rothes Glas durch einen zufällig in einen Glashafen gefallenen kupfernen Löffel (Guyton de Morveau). In der Praxis dienen Kupferpräparate mit Reductionsmitteln. Das Kupfer wird in der Regel als Glühspan verwendet, wie er durch Glühen von metallischem Kupfer an der Luft entsteht. Auch durch Niederschlagen von Kupfersalzen erzeugtes Kupferoxyd kann gebraucht werden. Als Reductionsmittel hat man Holz, Russ, Kohlenstaub, auch Weinstein benutzt; gewöhnlich und am zweckmässigsten eisenoxydulhaltige Zusätze und Zinnasche. Neri's Werk enthält die älteste bekannte Vorschrift, wonach einerseits das Produkt vom Calciniren des Kupfers, andererseits Zinnasche und Eisenhammerschlag (Oxyd-Oxydul) oder „*calcinirter Stahl*" mit dem Glase geschmolzen werden sollen. Kunkel glaubt seine eigene Kenntniss der Herstellung des rothen Kupferglases, weil sie ihn viel Mühe Arbeit und Zeit gekostet, der Veröffentlichung vorenthalten zu dürfen. Dr. Engelhardt, der im Jahr 1827 viel über die seit dem Verfall der kirchlichen Glasmalerei vergessene Bereitung des in Rede stehenden Glases gearbeitet hat, setzt dem bleihaltigen Glase auf 100 Thle. Sand je $2^1/_2$, dem bleifreien je 5 Thle. an Kupfer- und Zinnoxyd zu; in einer andern Vorschrift auf 100 Thle. Sand etwas weniger als je 1 Thl. Zinn- und Eisenoxydul. Neuere Vorschriften gehen auf den achtunddreissigsten bis fünfzigsten Theil des Glases, je für Kupferhammerschlag und Zinnasche. Die rothe Farbe scheint ebensogut in bleifreiem als in bleihaltigem Glas ausführbar, doch ziehen die meisten das letztere vor. Während einige das Glas wie gewöhnlich aus Sand, Mennige und Potasche mit oder ohne Zusatz von Borax schmelzen, unterdrücken andere die Alkalien gänzlich. Solche Sätze dürften bei dem hohen Betrag von Blei kaum brauchbare Gläser liefern. Ueberhaupt sind die Vorschriften, so weit sie bekannt geworden sind, äusserst abweichend und schwankend. Einige theilen die Bestandtheile des Satzes in zwei verschiedene Mischungen, die erst jede für sich einzeln geschmolzen, dann durch eine zweite Schmelzung vereinigt werden. So z. B. Bontemps: Satz.

Satz.

I.	a.	b.
Sand	100	—
Mennige	90	—
Gereinigte Potasche	32	—
Borax	4	100
Kupferoxyd	0,7	50
Eisenhammerschlag	0,75	—
Zinnoxyd	15	400
	Klg. 242,4	Grm. 550

II.	a.	b.
Sand	100	25
Mennige	33	50
Kalk	18	—
Gereinigte Potasche	36	—
Kupferoxyd	—	1,2
Zinnoxyd	—	3
	Klg. 187	Klg. 79,2

Beide Sätze sind Ueberfang für Tafelglas. Der Satz I. a. wird im bedeckten Hafen geschmolzen, geblasen, ausgeschöpft, trocken erkalten lassen, gestossen, gesiebt und endlich mit dem Gemenge b. versetzt; der entstehende Satz wird ebenso behandelt wie I. a. für sich und nach dem Erkalten in Vorrath gehalten. Nr. II. wird als besonders gut erachtet; man soll erst II. b. schmelzen, mit einer Kartoffel mehrmals aufkochen machen und dann ins Wasser stürzen; das Glas wird noch zwei Mal umgeschmolzen und ebenso oft geschrenzt. Beim zweiten Mal ist das Glas gelb, beim dritten Mal orange. Dieses Glas versetzt man nun, nachdem es gepulvert, mit 25 Thln. der vorher geschmolzenen und abgeschreckten Mischung II. a. nebst etwas Weinstein. In den vereinigten Glashütten des Loire- und Rhonedepartements soll folgender Satz für rothüberfangenes Tafelglas in Gebrauch sein:

Sand (von Fontainebleau	100 Gewthle.	dazu	Kupferoxyd	15 Gewthle.
Alkali	18 „		Eisenoxyd	10 „
			Zinnoxyd	20 „

Zum Ueberfangen von Krystall soll nach Bontemps das Glas aus Satz II. a. mit 25 Thln. weissem Glas aus Potasche, Kalk und etwas weniger Mennige geschmolzen werden. Die Schwierigkeit beim Schmelzen des mit Kupfer gefärbten Glases ist seine Neigung, ähnlich wie der Goldrubin, durchzugehen und zwar nach zwei verschiedenen Seiten. Bei unzureichender Kraft der Reductionsmittel, selbst durch fortgesetztes Schmelzen und Verarbeiten geht das Kupfer in den Zustand über, in welchem es grün oder blau färbt. Durch Erneuerung der Reductionsmittel ist es leicht wieder in den vorigen Zustand zurückzuführen. Man begreift, dass aus dieser Ursache alle oxydirenden Zusätze (Braunstein, Salpeter etc.) in dem Glas zu Kupferrubin wegbleiben müssen. Ein Durchgehen im entgegengesetzten Sinn findet bei zu weit gehender Wirkung der Reductionsmittel statt; das Kupfer scheidet sich mehr oder weniger in metallischer Form ab. Ohne Zweifel ist das Erscheinen der rothen Farbe nicht bloss von der Aufnahme des Kupfers durch das Glas, sondern ähnlich wie beim

Goldrubin, noch von anderen Bedingungen abhängig, die die weitere Behandlung bestimmen. Sie sind leider nicht genauer festgestellt, doch weist der allgemeine Gebrauch der Praktiker, das fertig geschmolzene Glas in Wasser zu schrenzen, darauf hin, dass rasche Abkühlung zu den Voraussetzungen gehört.

In keinem Fall hat das fertig geschmolzene Glas bereits die Rubinfarbe. Es ist annähernd farblos, oft grünlich, häufiger gelb. Die rothe Farbe entwickelt sich erst durch nachträgliches Erhitzen auf die Temperatur der Erweichung, sie verschwindet wieder beim Einschmelzen und kann wie anfangs aufs Neue hervorgebracht werden. Der Kupferrubin soll nur wenig, nicht über etwa 3 Proc. Kupfer enthalten (Pettenkofer). Die färbende Kraft dieses Metalles, wie es in dem Kupferrubin enthalten, ist so gross, dass es niemals für sich allein verarbeitet werden kann. Am häufigsten wird es als Ueberfang behandelt. Die farbige Schicht soll nicht über 0,1 Millimeter stark sein, um das Roth in voller Schönheit zu geben. Das Anlaufen findet beim Ueberfangen von selbst gelegentlich des Ausarbeitens statt, bei Tafelglas oft erst beim zweiten oder dritten Anwärmen. Verhalten.

Bei farbigem Krystall kommt es zuweilen vor, dass man das Roth, in der Art wie bei Gelb mit Silber, als Lasur aufsetzt. Zu dem Ende zerreibt man 2 Thle. Kupferoxyd und 1 Thl. Eisenhammerschlag mit 2 Thln. Ocker (zur bessern Vertheilung) und soviel Terpentinöl fein, als nöthig zum Auftragen des Gemisches mit dem Pinsel. Nach dem Trocknen brennt man die Farbe unter der Muffel ein, um sie auf dem Glase zu befestigen und übergeht zuletzt das abgekühlte Arbeitsstück mit einer harten Bürste, um das lose gebliebene nicht anhaftende Gemisch zu entfernen. Der Ueberzug erscheint zunächst mit schwarzgrüner Farbe und wird, um ihn in Rubin überzuführen, ein zweites Mal in die Muffel, aber dieses Mal mit Kohlenpulver eingesetzt. Man rechnet etwa 1 Grm. Kohle auf jeden Kubikdecimeter Inhalt der Muffel, welche während dieses zweiten Brandes verschlossen und dicht verstrichen sein muss. Die Arbeitsstücke kommen dann roth, aber gewöhnlich ist ein dritter Brand in der Muffel nöthig, um der Farbe den vollen Glanz zu geben. Wie man sieht, ist dieser Weg nur für das strengere Kalk-Kaliglas, nicht für Bleikrystall anwendbar; das Ueberfangen ist vorzuziehen. Kupferrubin als Lasur.

Hämatinon.

Plinius bemerkt bei seinen Angaben über Glas ausdrücklich, dass u. a. auch ein völlig rothes undurchsichtiges unter dem Namen „*Hämatinon* *)“ gemacht werde. Die Italiener nennen diesen vielfach in Alterthümern aufgefundenen, in Mosaiken erhaltenen Glasfluss heutzutage „*Porporino*“. Antikes.

*) Hämatinon griech. = das blutfarbene.

Eigenschaften. Pettenkofer untersuchte ein Stück antikes von v. Gärtner aus Pompeji mitgebrachtes Hämatinon. Die Farbe war prachtvoll hochroth, zwischen der des Mennigs und des Zinnobers; der Bruch im Allgemeinen muschlig; die Härte die des Apatits, das specifische Gewicht = 3,495; es ist in Masse völlig undurchsichtig, selbst in dünnen Splittern kaum durchscheinend. Fein zerrieben gab es ein hell ziegelrothes, ins Fleischfarbene ziehendes Mehl. Unter dem Mikroskop bei 200maliger Vergrösserung erschienen die Theilchen als ein farbloses Glas mit eingebetteten zahlreichen rothen Krystallkörnchen. Vor dem Löthrohr auf Kohle bis zum Erweichen erhitzt, verwandelte sich das Hämatinon nach dem Erkalten in eine aussen sammetschwarze, im Innern grünlich schwarze obsidianartige Masse. Im Tiegel bis zum völligen Fliessen erhitzt, nahm es bei raschem Erkalten eine leberbraune Farbe, in diesem Zustand nochmals geschmolzen und möglichst langsam erkaltet, wieder die hochrothe Farbe an. Den chemischen Bestand dieser pompejanischen Probe fand Pettenkofer wie folgt:

Bestand.

Kieselerde	49,90	Uebertrag	74,68
Bleioxyd	15,51	Natron	11,54
Kalk	7,20	Kupfer	9,78
Bittererde	0,87	Eisen	1,81
Thonerde	1,20	Sauerstoff u. Verlust	2,19
	74,68		100,00

Darstellung. Die Darstellung des Hämatinons nach Anleitung dieses Befundes und des Verhaltens der antiken Probe gelang, nach einigem Tastversuchen, mit nachstehendem Satze:

Kieselerde	100 Grm.
Bleiglätte	33 "
Kalk	11 "
Bittererde, gebrannte*)	1 "
Soda	50 "

Zu dem aus diesem Satz geschmolzenen farblosen blanken Glase wurden zuerst 25 Grm. Kupferhammerschlag **), nachher 2 Grm. Eisenhammerschlag und zuletzt etwas Kohle hinzugefügt. Vor dem Zusatz von Kohle ist die Glasmasse stets dunkelgrün, nach diesem Zusatz leberbraun. Durch Kohle, Eisenfeile oder Umrühren mit einem Eisenstabe scheidet

*) Pettenkofer hält den Zusatz von dieser geringen Menge Bittererde, weil ihm der erste Versuch ohne denselben misslang, für eine wesentliche Bedingung, was wohl näherer Bestätigung bedarf.

**) Nach Schwarz nimmt man am besten statt Hammerschlag ein Gemenge von reducirtem Kupfer und schwarzem Kupferoxyd.

sich ein rother Körper aus, der durch Vermischen mit der grünen Glasmasse die leberbraune Farbe giebt. Unter dem Mikroskop stellt sich der ausgeschiedene rothe Körper als ein Haufwerk von kleineren nicht krystallinischen undurchsichtigen Punkten dar, welche Pettenkofer für metallisches Kupfer hält, weil (wie auch im antiken Hämatinon) zahlreiche, mit dem blossen Auge erkennbare Kupferkörnchen sich eingestreut finden. Die gleichmässig geflossene und in dem Ofen erkaltete Masse zeigte auf dem Bruch die leberbraune Farbe. Dieses leberbraune Glas zwölf Stunden in einem Ofen auf einer Temperatur erhalten, bei der es eben hinreichend weich wurde um Eindrücke mit einem Eisenstabe anzunehmen, und die Nacht hindurch mit dem Ofen erkalten gelassen, hatte die hochrothe Farbe ganz wie das antike Hämatinon angenommen. Stets zeigte der obere Theil des Flusses eine lebhaftere Farbe als der dem Boden des Tiegels entsprechende. Das specifische Gewicht wächst bei dem Uebergang des leberbraunen Glases (3,2470) in das hochrothe (3,5527). Somit war die Kunst der Erzeugung des Hämatinons wieder aufgefunden.

Leichtflüssigere Glassätze mit weniger Kalk und Bittererde, aber mehr Bleiglätte auf gleichviel Kieselerde und Natron, gaben mit Hammerschlag von Kupfer und Eisen eine Glasmasse, die schon bei dem ersten Abkühlen nach dem Schmelzen in einer gelblichen Grundmasse zahlreiche rothe Punkte zeigte, die nach dem Schleifen als Büschel nadelförmiger Krystalle zum Vorschein kamen. Aehnlich, aber noch abweichender verhielt sich Glas aus leichtflüssigen Sätzen mit Borax: Astralit.

	A.	B.
Kieselerde	80 Grm.	80 Grm.
Bleiglätte	120 „	110 „
Kalk	— „	5 „
Soda	72 „	72 „
Borax, geschmolzener	18 „	18 „
Kupferhammerschlag	24 „	26 „
Eisenhammerschlag	1 „	2 „

Beide Sätze gaben ebenfalls nach dem ersten Abkühlen Flüsse mit ausgezeichneter Krystallisation, bei dem leichtflüssigen Satz A. mehr ausgebildet als bei dem etwas strengern B. In dem Glase aus A. zeigten die tiefgefärbten fast schwarzen Krystalle nur im Sonnenlicht die rothe Farbe, stellenweise unter bläulichem Schimmer. Pettenkofer hat dieser Abart den Namen „*Astralit*“ gegeben, sie bildet den Uebergang zu dem

Aventurin.

Zu den von älteren Zeiten her in den venetianischen Fabriken, namentlich auf Murano, gefertigten besonderen Gattungen Glas gehört der nach dem gleichnamigen Mineral benannte „*Aventurin*“, vielfach zu Schmuck- und Kunstsachen verarbeitet.* Auch heutzutage geschieht dies

Beschaffenheit.

noch und geniesst namentlich der Fabrikant Bigaglia Ruf darin. In einer röthlich braunen durchsichtigen Grundmasse enthält der Aventurin dicht gesäete, rothe, krystallinische Flimmer von Metallglanz, die dem Ganzen eine ausgezeichnete Wirkung und grosses Ansehen verleihen, so dass man das Kilogramm mit über 50 Thlr. bezahlt hat. Die Art, wie man dies merkwürdige Glas dort erzeugte, ist immer geheim gehalten und nicht bekannt geworden. Doch lässt der chemische Bestand des venetianischen Aventurins einige Schlüsse darüber zu. In verschiedenen Proben fanden:

Bestand.

	Schnedermann	Kersten**)	Levol	Peligot**)
Kieselerde	65,2	67,3	60,50	67,7
Phosphorsäure	1,5	—	—	Spur
Bleioxyd	—	1,0	—	1,1
Kalk	8.0	9,0	6,25	8,9
Bittererde	4,5	—	2,25 *)	Spur
Kali	2,1	5,3	22,04	5,5
Natron	8,2	7,0		7,1
Kupfer	2,4	4,0	4,32	3,9
Eisen	4,5	2,2	3,19	2,4
Zinn	Spur	1,8	—	1,8
Sauerstoff und Verlust	3,6	2,4	1,45	1,6
	100,0	100,0	100,00	100,0

Herstellung und Satz.

Pettenkofer erhielt Aventurin direct aus Hämatinon, indem er dem letztern soviel Eisenfeile zumischte, dass die Hälfte des Kupfers als Regulus am Boden des Tiegels ausgeschieden wurde. Bei langsamem Abkühlen entsteht alsdann Aventurin. Ueberhaupt erhält man jedesmal Aventurin, wenn man in nicht zu strengflüssigem Glas Kupfer- und Eisenoxydul zu gleichen Theilen löst und langsam abkühlt. Die braune Farbe der Grundmasse ist nur optischer Natur, sie ist eigentlich grün, das metallische Roth der Krystalle durch Grün gesehen giebt Braun.

Nach Hautefeuille sollen folgende Mischungen Aventurin geben:

Spiegelglas v. St. Gobain	100	Sand	150	Glas	120
Kalisalpeter	10	Kreide	36	Sand	60
Kupferschaumabfall	6,2	Soda calc.	80	Soda calc.	65
Eisenoxyd	3	Potasche	14	Salpeter	20
		Salpeter	20	Kupferschaumabfall	12,5
		Kupferschaumabfall	12		

*) Thonerde.

**) Die Analysen von Kersten und Peligot scheinen ein und dieselben zu sein, also wohl nur einem von beiden Autoren anzugehören; die Probe ist aus der Fabrik von Bigaglia in Venedig.

Sobald die Massen in Fluss gerathen, setzt man je 38 Grm. Eisenfeile portionenweise in Papier gewickelt zu und rührt gut um. Durch langsames Abkühlen geht dann die Masse in Aventurin über.

Aventurin löst sich in siedender Kalilauge gänzlich auf und zwar die Grundmasse früher, die Krystalle etwas später. Auf diese Weise abgeschieden bilden die Krystalle ein violettes Haufwerk, welches an der Luft grün wird; sie werden mit Quecksilbersalzen nicht weiss. Der zerriebene Aventurin giebt mit Ammoniak bei Abschluss der Luft eine farblose Flüssigkeit, die sich an der Luft bläut (Hautefeuille). Verhalten.

Es kann kaum ein Zweifel darüber bestehen, dass Kupferrubinglas, Hämatinon und Aventurin nur ebensoviele Formen oder Aeusserungen derselben Grunderscheinung sind. Ebenso, dass durch die vorschriftsmässige Behandlung ein Körper in dem Glase entsteht, der unter wechselnden Umständen in verschiedenen Modificationen auftritt, von denen eine die reiche scharlachrothe Farbe besitzt, eine andere farblos oder grün ist. Pettenkofer erklärt die beiden Modificationen als den amorphen und den krystallinischen Zustand des gebildeten färbenden Körpers, folgerichtig die Wandlung des grünen in das rothe Glas als den Uebergang des färbenden Körpers aus der amorphen in die krystallinische Modification. In dem Hämatinon wäre die rothe Modification als ein feinzertheilter, dicht eingemengter matter Niederschlag, in dem Astralit und Aventurin als dünner gesäete, ausgebildetere, glänzende auch für das blosse Auge deutliche Krystalle vorhanden. Die rothe Farbe im Ueberfangsglas ist nach Pettenkofer ebenfalls Ausscheidung des färbenden Körpers im krystallinischen Zustande, und zwar in Krystallen „so klein, dass sie selbst im Mikroskop nicht als solche sichtbar werden". Dies steht mit der vollkommenen Durchsichtigkeit des Glases in Widerspruch, denn auch die äusserste Kleinheit der ausgeschiedenen Krystalle angenommen, ist nicht abzusehen, warum sie das Glas nicht undurchsichtig machen sollen. — Wahrscheinlich liegen, wie bei dem Färben des Glases mit Gold, zweierlei allotropische Zustände des färbenden Körpers vor, der eine grün und löslicher, der andere hochroth und weniger löslich. Im rothen Rubinglas zu Ueberfang wäre die rothe Allotropie nichtkrystallisirt vorhanden, im Hämatinon und Aventurin, wo sie in reichlicheren Mengen enthalten ist, hätte sie sich im Verlauf ihrer Bildung zugleich in kleineren oder grösseren Krystallen ausgeschieden. Constitution des rothen Kupferglases.

Ueber den chemischen Bestand des färbenden Körpers und seine Constitution fehlt zur Zeit jede bestimmte Erkenntniss. Die Nothwendigkeit der Mitwirkung von Reductionsmitteln, sowie die Aehnlichkeit der Farbe haben die allgemeine Annahme veranlasst, dass das Kupfer in dem rothen färbenden Körper als Oxydul wirksam sei. Aus dem Umstand,

dass das Hämatinon das Kupferoxydul an Härte übertrifft, schliesst Pettenkofer ferner, die rothfärbende Verbindung sei krystallinisches kieselsaures Kupferoxydul. Allein Kupferoxydul kann kaum als salzfähige Base betrachtet werden, alle stärkeren Säuren zersetzen es in Metall und Oxyd, kieselsaures Kupferoxydul ist in der Wirklichkeit niemals dargestellt oder nachgewiesen, gänzlich unbekannt und besteht nur in der Annahme. Wöhler hält die Krystallflimmer im Aventurin für metallisches Kupfer; dem widerspricht die vollständige Löslichkeit des Aventurins in Kalilauge, die Reaction der Krystalle gegen Quecksilbersalze und der Umstand, dass das metallische Kupfer, wo es nachweisbar im Glase vorhanden, immer in unkrystallinischen Körnern erscheint. —

Schwarz.

Schwarz in Glas und glasigen Flüssen erhält man nur als Mischfarbe. Chromoxyd neben Eisenoxyd, oder gepulverter Chromeisenstein, dienen in manchen Fällen dazu. Ein unter dem Namen Hyalith bekanntes schwarz aussehendes Glas erhält man durch Zusatz von Kobaltoxyd, Braunstein und Eisenoxyd, wozu man auch wohl Kupferoxyd fügt.

Zur Beobachtung von Sonnenfinsternissen, zu Mikroskopischen und dergleichen stellt man sich ein dunkelbraunes, fast schwarz aussehendes Glas dar durch Erhitzen stärkerer Platten aus mit Sägespänen etc. gelbgefärbtem Glase (s. S. 206).

Irisirende Farben.

Zu den Verzierungen von Waaren mit glasiger Oberfläche mittelst eingebrannter Farben gehören auch die von dem Porzellanmaler Brianchon in Paris erfundenen irisirenden Ueberzüge. Sie geben den damit versehenen Oberflächen ein sehr ansprechendes, perlmutterartiges Ansehen, welches ebensowohl farblos, als in einer grossen Auswahl von Farben hervorgebracht werden kann. Die Erscheinung beruht auf den Beobachtungen von Brianchon, dass das Wismuthoxyd in hohem Grade die Eigenschaft besitzt, auf glasigen Flächen in dünner Schicht aufgetragen, jenen bei vielen Muschelschalen bekannten perlmutterartigen Reflex hervorzubringen, sowie dass dieser Reflex durch Zusatz verschiedener färbender Metallpräparate nicht aufgehoben wird, sondern mit dem Farbeneffect verbunden werden kann. Als färbende Metalle dienen Platin, Gold, Silber, Palladium, Uran, Eisen und Mangan in passenden Verbindungen. Das Wismuth wird am besten als krystallisirtes salpetersaures Salz verwendet. Eins wie das andere, das Wismuth wie das färbende Metalloxyd, werden zum Auftragen mit Colophonium und Lavendel- oder Terpentinöl angemacht. Das salpetersaure Salz des Wismuths hinterlässt beim Glühen, unter Zerstörung der zum Auftragen zugesetzten organischen Substanz,

Wismuthoxyd. Dieses schmilzt bei starker Rothglut und haftet so auf der glasigen Fläche, indem es die mit zugesetzten färbenden Metallverbindungen, für die es ein bedeutendes Lösungsvermögen besitzt, aufnimmt und befestigt. Indem das Wismuthoxyd beim Erkalten krystallinisch erstarrt, entsteht jener Perlmutterglanz, den auch andere Wismuthpräparate, z. B. mit Kalihydrat geschmolzenes Wismuthoxyd, nach dem Erkalten besitzen.

Die perlmutterglänzenden Wismuthüberzüge haben übrigens ihr eigentliches Feld nicht in der Glasfabrikation, sondern in der höhern Töpferei, wo ausführlich davon die Rede sein wird.

Glasmalerei.

Die Glasmalerei hat sich auffallend früh entwickelt und auf eine hohe Stufe der Vollkommenheit erhoben. Zwei Ursachen haben dahin zusammengewirkt. Zunächst die Richtung der Glasmacherkunst des Alterthums, die vorzugsweise auf die Ausbildung der Technik farbiger Gläser und die Erzeugung von Kunstgegenständen ging. Dann das Aufkommen der gothischen Baukunst, welche der so erworbenen Fertigkeit in Farbenglas einen hohen Beruf anwies in der Ausschmückung der Kirchenfenster. Indem die kirchliche Glasmalerei zugleich den Abschluss nach aussen und die Beleuchtung des Innern vermittelte, erhob sie sich zu einer harmonischen Ergänzung des architektonischen Kunstzwecks, mit der Architektur von dem gemeinsamen religiösen Gedanken getragen. Schon im IV. Jahrhundert finden sich Erwähnungen von gemalten Kirchenfenstern, aber erst mit dem XII. Jahrhundert tritt die eigentliche Blüthezeit und mit dem XVI. Jahrhundert das allmähliche Erlöschen der Glasmalerei des Mittelalters ein. Geschichtliches.

Die ältesten Darstellungen der Kirchenfenster sind nicht viel mehr als eine Mosaik von buntem, nach der Vorschrift des zu erzeugenden Bildes zugeschnittenem Tafelglas, die Stücke mit Blei zusammengefügt. Später gab man der farbigen Fläche eine Zeichnung, einige Umrisse, noch später kamen Schattirungen hinzu, bis sich diese Ausführung zum Auftragen von Farben, zu einer eigentlichen Malerei erhob. Stets blieb das bunte Tafelglas die Grundlage. Im XII. und XIII. Jahrhundert hielt sich die Kunst wesentlich decorativ, in grossartiger Einfachheit der Architektur sich unterordnend, erkannte sie ihre Aufgabe in der Zusammenstimmung mit dem baulichen Ganzen, in bewundernswürdiger Weise. Vom XIV. Jahrhundert ab wird das Bestreben bemerklich, sich von dieser ihrer anfänglichen Aufgabe mehr loszumachen, das Hauptgewicht liegt nicht mehr so ausschliesslich auf dem Zusammenstimmen mit dem baulichen Zweck; die Ausführung des Einzelnen, feinere Zeichnung und Behandlung der Figuren drängt sich mehr in den Vordergrund. Im XV. Jahrhundert vollzieht sich diese Loslösung, im XVI. ist sie herrschend; die Glasmalerei hat ihren monumentalen Beruf so gut wie aufgegeben, während die Aeltere Technik.

Aeltere Technik.

künstlerische Technik den Höhepunkt erreicht. Mit dem Aufhören der gothischen Baukunst, ihrer Hauptträgerin, kam sie in Abnehmen und zuletzt fast in Vergessenheit. Wenn auch neben der kirchlichen Glasmalerei eine profane existirte, so war diese doch zu wenig bedeutend, um der Kunst Halt zu geben.

Mit feinem Sinn und kundiger Erfahrung sind von den alten Meistern die Farben zusammengestellt, in Einklang gebracht, ist das Ueberheben der einen, das Ausstechen der anderen vermieden. Aber noch andere als bloss künstlerische Bestimmungsgründe redeten dabei mit. Denn wie sich mit Bestimmtheit erkennen lässt, trugen nicht allein die Vorzüge, sondern auch die Mängel der Glasindustrie jener Zeiten zur Vollkommenheit der Wirkung der alten Glasmalerei bei. Das Tafelglas an sich war damals weit stärker gefärbt, von blaugrünem oder gelbem Ton, kaum jemals blank, meist blasig, voll von Körnern und ähnlichen Fehlern, die sich noch dadurch sehr verstärkten, dass man das Tafelglas, wenigstens bis ins XV. Jahrhundert, nicht so dünn wie heutzutage, nicht unter 3 bis 4 Millimeter Stärke anzufertigen verstand. Diese Dicke der Tafeln gab den Kirchenfenstern eine grosse Festigkeit, der Mangel an Klarheit und Weisse benahm dem Grund wie den Farben die schreiende Durchsichtigkeit, dämpfte die Wirkung zu einer wohlthätigen Weichheit ab und förderte die Stimmung des Ganzen. Ebenso waren die Farben, die der alten Glasmalerei zu Gebote standen, aus weniger reinen Präparaten erzeugt, darum weniger grell, das Auge weniger blendend als die neueren. Die Auswahl war von geringem Umfang: Blau mittelst Zaffer zeichnete sich durch einen weicheren, mehr ins Himmelblaue (nicht Indigoblaue) gehenden Ton aus; Türkisblau, häufiger ein blassblauer, ins Graue stechender Ton, beide mit Kupfer; zweierlei Violett mit Braunstein; Gelb mit Silber und Kohle; das vortreffliche Rubinglas mit Kupfer, als Ueberfang; ein Violett ins Gelbe gehend, als Fleischfarbe, aus Braunstein mit etwas Eisen; Grün mit Kupfer und Eisen; endlich ein gemischtes Schwarz zu Linien der Zeichnung, — dies war so ziemlich was man kannte.

Neuere Technik.

In diesem Jahrhundert hat man viel und ernst an der Wiedererweckung der Glasmalerei gearbeitet, namentlich sind München und Sevres bei Paris Mittel- und Ausgangspunkte der modernen Kunst geworden. Als kirchliche Malerei hat sie ihr Vorbild der mittelalterlichen Darstellungen im Ganzen nicht erreicht, obwohl ihr ein ungleich grösserer Reichthum an Mitteln, ungleich reichere Auswahl von Farben, grössere Sicherheit in der Beschaffenheit und Reinheit der Stoffe dazu, grössere Vollkommenheit der Tafelglasfabrikation geboten ist. Aber diese Fortschritte sind nicht alle Vortheile und vieles, was sich in der alten Glasmalerei von selbst gab, taucht in der modernen als eigenthümliche Schwierigkeit auf. Ganz besonders gehört hierher die Reinheit und Dünne des heutigen Tafelglases sowie die scharf ausgeprägte Natur der Farbe. Ein Stück Tafelglas der jetzigen Fabrikation erscheint bei seiner grossen Durch-

sichtigkeit in einem Glasgemälde einfach wie ein Loch; man ist genöthigt, ihm künstliche Farbentöne und doppelte Dicke zu geben, um sie zu brechen. Aehnliches gilt von den Farben, die zu tief und zu grell kommen und schwieriger mit einander in Stimmung zu bringen sind. Dass die neueren Glasgemälde gegen die alten mehr oder weniger kalt erscheinen, erklärt sich aus diesem Hindernisse zum grossen Theil. Nicht bloss für kirchliche Zwecke, auch für Gegenstände des täglichen Lebens ist die Glasmalerei und Farbenverzierung verwandter Art in Gebrauch, obwohl nicht in dem Umfange wie die Porzellanmalerei.

Material: Das Tafelglas;

In der Glasmalerei, die im wesentlichsten Punkte mit der Porzellanmalerei übereinstimmt, handelt es sich um zwei Dinge, um das zu bemalende Glas und die Farbe. Das Glas kann weiss oder schon an sich farbig, letzteres kann in der Masse gefärbt, lasirt oder überfangen sein. Die Farbe ihrerseits ist ebenfalls nur ein farbiges Glas, muss jedoch stets um ein Bedeutendes leichtflüssiger sein, als das zu bemalende Glas, dergestalt, dass die Farbe in den dünnen Schichten, in denen sie aufgetragen wird, vollkommen in Fluss geht bei einer Temperatur, bei welcher das zu bemalende Glas kaum oder nicht erweicht. Denn die Farben können nur wirken, wenn sie vollkommen geflossen sind, während bei stärkerer Erweichung des zu bemalenden Glases dieses die Form verlieren würde; auch haftet die Farbe erst durch die Schmelzung an dem Glase. In der Regel besteht die Farbe aus zwei Bestandtheilen, dem sogenannten „*Fluss*“ und dem färbenden Zusatz. Unter Fluss versteht man den Körper der Farbe, eine den färbenden Zusatz verglasende Mischung, die mit ihm im Feuer ein Glas von dem bezeichneten Grade der Leichtflüssigkeit bildet. Gewöhnlich ist der Fluss schon an sich ein derartiges leichtflüssiges farbloses Glas, der färbende Zusatz erhöht zugleich die Leichtflüssigkeit.

Der Fluss,

Zum Fluss nimmt man Gemenge von Mennige mit reinem Quarz, setzt diesem Gemenge auch wohl gewöhnlichen Bleikrystall und Borax zu. Das gepulverte Gemenge wird in einem Tiegel zu 1 bis 2 Kilogramm durchgeschmolzen, in Wasser gegossen und zum Gebrauch aufs Feinste zerrieben. Durch Zusammenreiben des Flusses mit den erforderlichen Metallpräparaten erhält man die Farbe in feinzertheiltem Zustande, die dann mit Spick- oder mit mehr oder weniger verdicktem Terpentinöl angemacht und mit dem Pinsel aufgetragen wird. Soweit entstehen nur durchsichtige Farben. Die Malerei bedarf aber auch undurchsichtige Farben und für diesen Fall giebt man dem Fluss einen trübenden Zusatz, arsenige Säure oder Zinnoxyd. Er verwandelt sich dadurch in Email und die Farben in Emailfarben. Ausnahmsweise werden einzelne Farben, wie schon erwähnt, als Lasur auf das Glas übertragen.

Die Farben.

Die einfachen gebräuchlichen Farben der Glasmalerei sind: Weiss, Grau, Schwarz, Gelb, Blau, Grün, Violett und Rosa. — Als Weiss dient der ungefärbte Emailfluss; Grau ins Braun gehend, wie es vielfach zu den Linien und Umrissen der Zeichnung dient, giebt Umbra und Blutstein

(Eisenoxyd); Schwarz giebt die Mischung dieser letztern Farbe mit Blau; Gelb erhält man am besten mit Silber als Lasur, auch als eigentliche mit dem Pinsel aufzutragende Farbe mit chromsaurem Silber und Fluss; ein undurchsichtiges Emailgelb mittelst antimonsaurem Kali unvollständig mit Fluss geschmolzen; Blau giebt das Kobaltoxyd, meist mit etwas antimonsaurem Kali; Grün mit chromsaurem Blei; Roth erhält man durch doppelte Lasur mit Silber, ferner durch Eisenoxyd in stärkeren Gaben, jenes geht mehr ins Orange, dieses mehr ins Fleischfarbene. Violett geben reinste Sorten von Braunstein, Rosa das Goldchlorid. Diese und mehrere andere Farben werden nach Umständen und zwar am meisten bei Malerei auf Tafelglas, vielfach durch Färbung und Ueberfang des zu bemalenden Glases ergänzt.

Einbrennen.

Nach dem Auftragen und Trocknen folgt das Einbrennen der Farbe in der Muffel, in der Regel nicht für alle zugleich, die strengeren zuerst, die leichtflüssigen zuletzt. Während des Malens streicht man von jeder Farbe etwas auf einen Glasscherben, der dann in die Muffel mit eingesetzt wird. Diese sogenannten „*Wächter*" dienen dann zur Beurtheilung des Feuergrades und des richtigen Flusses der Farben. In grösseren Anstalten, wo man grössere Mengen gemaltes Glas, namentlich Tafelglas einzubrennen hat, bedient man sich statt der Muffel mit grossem Vortheil einer Art Flammofen. In dem quadratischen Arbeitsraume sind zwei Schienenbahnen nebeneinander, auf denen sich grosse Platten von feuerfestem Thon auf Untergestellen mit Rollen bewegen. Zu beiden Seiten in der Mauerdicke liegen zwei verhältnissmässig kleine Feuerungen, mit Steinkohlen beschickt. Das auf den Thonplatten eingeschobene Glas empfängt das Feuer unmittelbar. Die Leitung des Brandes ist etwas schwieriger, aber der Brand auch ungleich rascher und billiger.

Besondere Kunsterzeugnisse.

Allgemeines und Geschichtliches.

Nachdem die Reise des Venetianers Marco Polo nach Asien dem Handel seiner Vaterstadt einen ergiebigen Markt eröffnet hatte, beschränkte sich die dortige Glasmacherkunst fast ganz auf eine enge Auswahl von dem neuen Absatzgebiet besonders angemessenen Erzeugnissen: Perlen, gefärbte Glasflüsse als Nachahmung von Edelsteinen u. dergl. m. Diese Richtung dauerte vom Ende des XIII. durch das XIV. Jahrhundert, bis verschiedene Ereignisse der auswärtigen und der innern Politik eine Wendung herbeiführten, die die venetianische Glasindustrie auf die Höhe des Ruhms brachten. Hierher gehört die Eroberung von Constantinopel durch die Türken, die einen Stamm der geübtesten Glasarbeiter nach Venedig vertrieben. Hierher gehört ferner die draconische Strenge der von der Regierung des Freistaates um die Mitte des XV. Jahrhunderts zur Erhaltung des Monopols

ihrer eigenthümlichen Erzeugnisse in Glas erlassenen Gesetze und die ungewöhnlichen Privilegien, mit denen sie Unternehmer und Arbeit im Glasfach begünstigte. Unter dem dreifachen Antrieb dieser Momente — des Zuwachses geschickter Arbeiter von aussen, der Unmöglichkeit, sich auszubreiten, sowie des politischen Schutzes — war die natürliche Folge eine Vertiefung der Glasindustrie in sich selbst, eine Entwicklung der bereits weitgediehenen technischen Fertigkeit zur eigentlichen Kunst weltberühmt gewordener Erzeugnisse, wie sie im XV., im XVI. und noch im XVII. Jahrhundert blühte. Als hervorragendste Leistung der venetianischen Glasmacher jener Zeit ist die klare Einsicht und der freie Sinn zu bezeichnen, mit denen sie bei der künstlerischen Darstellung die Natur des Rohmaterials zu verwerthen, mit den Entwürfen in Einklang zu bringen, mit denen sie die Methode der künstlerischen Behandlung in Form wie in Ausschmückung aus der Eigenart des Glases und der von ihr vorgeschriebenen Technik zu schöpfen wussten. Sie wurden die Erfinder eines Kunststils in Glas. Aus dieser Durchdringung der Kunst und der Technik sind unter anderen die eigenthümlichen Darstellungen hervorgegangen, die hier in kurzen Zügen zu erläutern sind. Sie gehören einem Zweige an, der (zumeist wohl durch das Aufkommen der böhmischen Krystallwaaren im Beginn des XVIII. Jahrhunderts) erloschen und in Vergessenheit gerathen. Der hohe Werth, den die heutigen Kenner auf die alt-venetianischen Erzeugnisse legen, und der Eifer, mit denen sie gesucht werden, gaben einen Sporn ab zur Wiedererweckung der verlorenen Kunst, zunächst in Venedig selbst durch Boussolin, weiter gepflegt durch Salviati, dann in Deutschland durch Pohl. So sind diese Kunsterzeugnisse, wenn auch nicht völlig auf der Höhe der mittelalterlichen Muster, doch mit einem vorläufig sehr anzuerkennenden Erfolg, wieder als lebendiges Glied in den Glasbetrieb eingetreten, namentlich in Venedig selbst auf der Insel Murano.

Allgemeines und Geschichtliches.

Petinet-, Millefiori- und reticulirte Gläser.

Alle die Glasarbeiten, um die es sich hier zunächst handelt, sind unter den Bezeichnungen: „Reticulirte Waaren“, „Petinet“, „Millefiori“ bekannt. Sie enthalten Verzierungen in Linien und Punkten nicht auf der Oberfläche, sondern in der Masse des Glases, von oft ausserordentlicher Zartheit und Anmuth, hervorgebracht in der Regel durch gefärbtes oder getrübtes Glas, im Gegensatz zum farblosen, durchsichtigen oder andersfarbigem Glas der Grundmasse. Auch ohne Farben oder emailartiges Glas werden solche Zeichnungen hervorgebracht durch blosse Anordnung von feinen Bläschen in Linien aneinander gereiht. Die gemeinsame Grundlage, worauf die Möglichkeit solcher Zeichnungen beruht, ist die geschickte Benutzung gewisser schon früher erörterter Eigenthümlichkeiten des Glases, die als Schlüssel zum Verständnisse der Sache zunächst in Betracht kommen.

Elemente: mit geraden Linien.

Wenn ein Arbeiter am Hefteisen einen kurzen walzenförmigen Stab von farbigem Glas durch Marbeln auf einer Platte formt und diese dann mit farblosem Glas nach den Handgriffen des Ueberfangs gleichmässig umgiebt, so entsteht ein zusammengesetzter Stab von dem Querschnitt Fig. 122. Wird dieser Stab angewärmt und nach Art der Glasröhren in die Länge ausgezogen, so kann nun eine ganze Anzahl ähnlicher Stäbe von 10 bis 12 Centimeter in der üblichen Länge daraus geschnitten werden. Dabei ist zweierlei vorgegangen, zunächst eine Verjüngung des Querschnitts auf einen beliebigen Grad, natürlich unbeschadet der Verhältnisse der Zeichnung, die eben durch die Verjüngung, d. h. durch das Verschwinden der anfangs noch bemerklichen Unregelmässigkeiten, ungleich feiner und correcter wird; ferner eine Vervielfältigung, indem aus einem einzigen Stab ohne Mühe eine grössere Zahl Stäbe von verfeinerten Verhältnissen entstanden. Diese beiden Principien, das der Verfeinerung und das der Vervielfältigung ziehen sich durch sämmtliche hier einschlagende Arbeiten hindurch und sind einer fast unbegrenzten Ausdehnung und Steigerung fähig. So reiht man solche Stäbe wie Fig. 122 im Umkreis einer Form von gebranntem Thon, Fig. 123 und Fig. 124, die am Boden eine Schicht weichen Thon enthält, um den Stäben vorübergehend Halt zu geben. Indem der Arbeiter einen inzwischen geformten massiven Cylinder von weissem durchsichtigem Glas von passender Dicke und stark aufgewärmt in den freien Raum innerhalb der Stäbe einsenkt und zusammenstaucht, kleben die Stäbe an diesem Glaskörper fest und haften an demselben, wenn er aus der Form

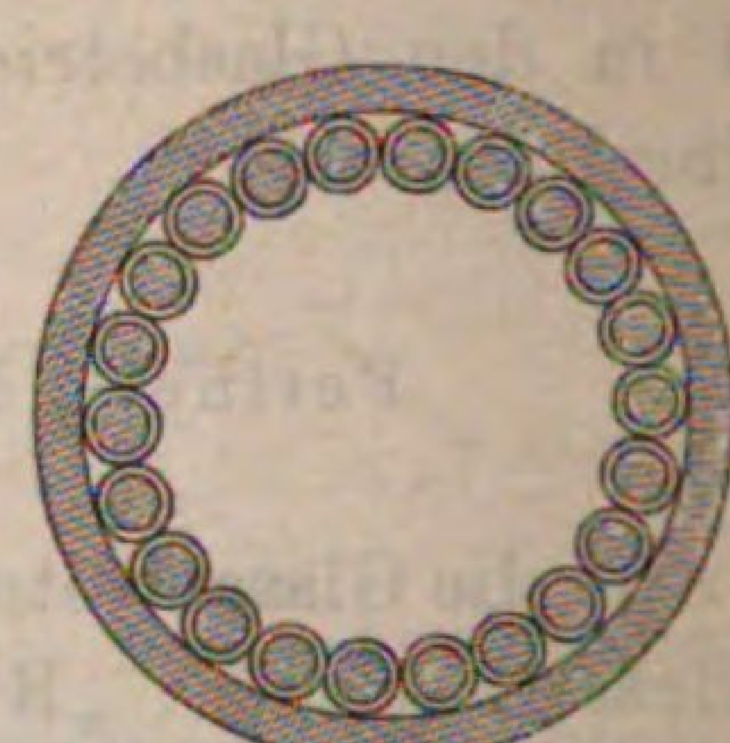
Fig. 122.



Fig. 123.



Fig. 124.



zurückgezogen ist. Selbstverständlich muss bei diesem und allen folgenden Fällen die Form mit den Stäben in einem Temperofen vorher soweit angewärmt sein, dass die letzteren die Berührung mit dem eingeführten Glaskörper vertragen ohne zu springen. Der Körper aus weissem Glase mit den anhaftenden Stäben wird nun aufgewärmt und gemarbelt, so dass alle Theile — insbesondere das farblose Glas, womit die Stäbe überfangen

sind, mit dem in die Mitte eingesenkten Körper aus demselben farblosen Glas — sich dicht und ohne Zwischenräume vereinigen. Das Ganze stellt nun einen massiven kurzen Cylinder mit parallelen bunten Streifen unter der Oberfläche dar. Durch nochmaliges Aufwärmen, Ausziehen in die Länge bis zur Verjüngung von wenigen Millimetern und Zerschneiden in Stücke, erhält man Stäbe einer höhern Ordnung, massiv von weissem Glase, worin die ursprünglichen Kerne als parallele, scharfe Linien von buntem Glase erscheinen. Wenn der Arbeiter jenen Glaskörper nach dem Marbeln, statt ihn einfach auszuziehen, zugleich windet, so bilden die farbigen Kerne der dem weissen Glas einverleibten Stäbe spiralförmige Linien, Fig. 125. Zu dem Zweck wärmt er den Glaskörper gewöhnlich nur am vordern Ende an, schränkt dieses Ende in eine Spitze zusammen, fasst diese mit der Zange und zieht sie unter rascher Umdrehung der Pfeife auf die Länge von 10 bis 12 Centimeter aus. So erhält er den ersten Stab der höhern Ordnung; nach dem Abschneiden desselben und Wiederholung des Handgriffs einen zweiten solchen Stab u. s. f. — Sollen die Schneckenlinien weiter auseinander liegen, so schaltet man in die Thonform zwischen die bunten Stäbe abwechselnd solche von weissem farblosem Glase, es entstehen dann Schneckenlinien wie Fig. 126. — Sollen die Schneckenlinien nicht die ganze Oberfläche bedecken, sondern sich nur als ein Band um dieselbe schlingen, Elemente: mit Spiralen;

Fig. 125.

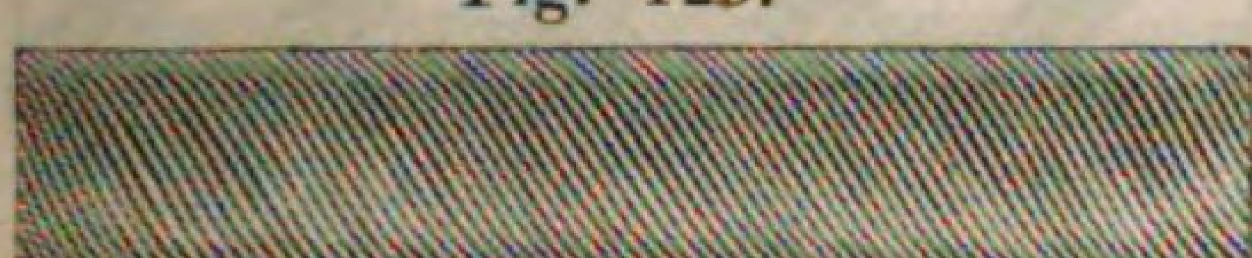


Fig. 126.

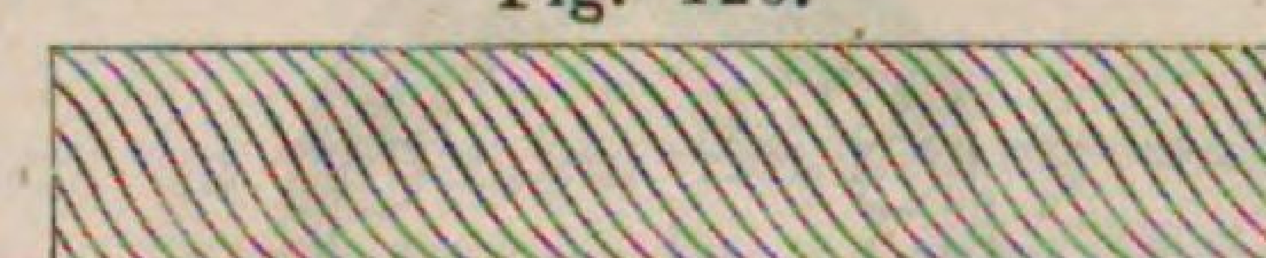


Fig. 127, so legt man nur an einer Stelle des Umkreises der Form bunte Stäbe ein und füllt den Rest mit farblosen, weissen Stäben aus, Fig. 128. Durch derartige Abänderungen der ursprünglichen Anordnung sind, wie

Fig. 127.

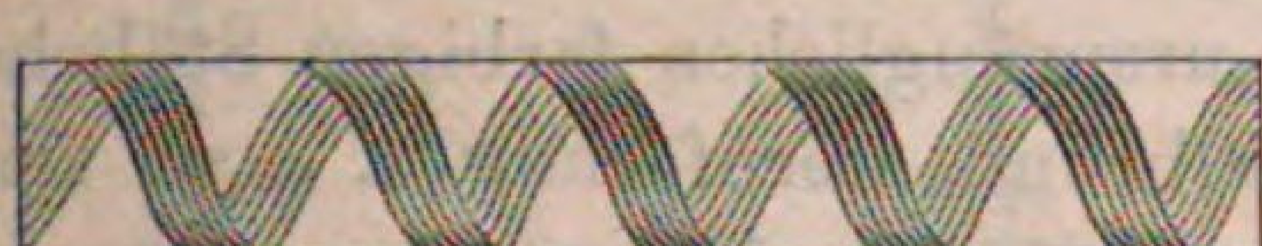
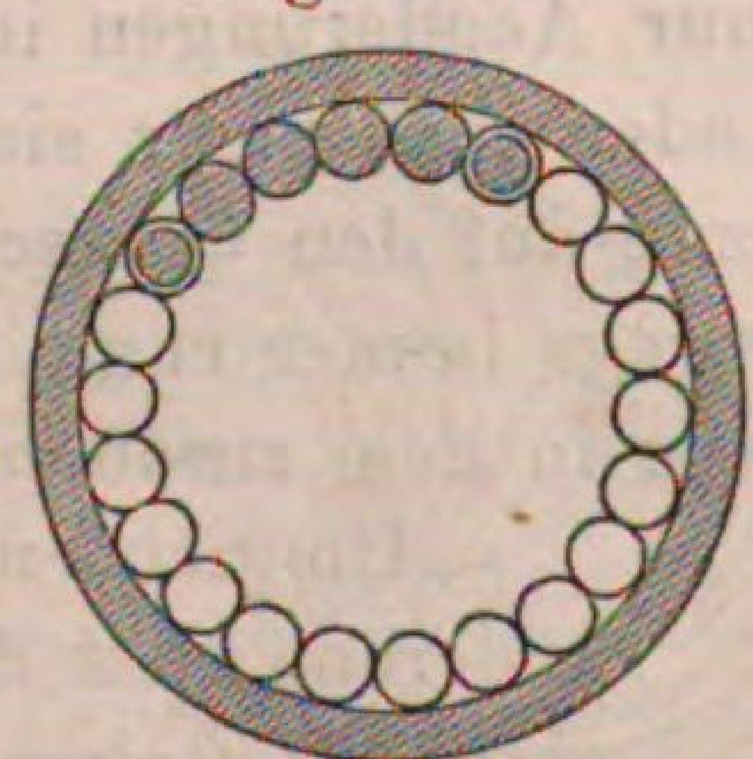


Fig. 128.



man sieht, unzählige verschiedene Darstellungen möglich. Durch Abplatten der zuletzt beschriebenen Stäbe mit Schneckenlinien, werden die Windungen der hintern und vordern Seite, indem sie sich kreuzen, Rauten bilden. Statt Stäben mit Rauten hat man auch solche mit rosenkranz- oder perlenschnurartigen Figuren. Man bläst ein flaches Hohlglas (Fig. 129 a. f. S.) an der Pfeife, öffnet dieses am untern Ende, legt die Stäbe mit dem Buntglas, ein, wärmt auf, drückt die Wände am offenen Ende wieder zusammen und bewirkt durch Saugen an der Pfeife, dass der mit Rauten.

Elemente: gebänderte; hohle Glaskörper sich der ganzen Länge nach dicht auf die eingereihten Stäbe legt. Indem man auf den entstandenen flachen Körper zu beiden Seiten Glas auflegt und marbelt, erhält man einen dicken Rundstab, Fig. 130. Durch Ausziehen unter Drehen der Pfeife entsteht ein Stab von der Form Fig. 131. Je nachdem man unter dem Drehen mehr oder weniger

rosenkranzartige;

Fig. 129.



Fig. 130.

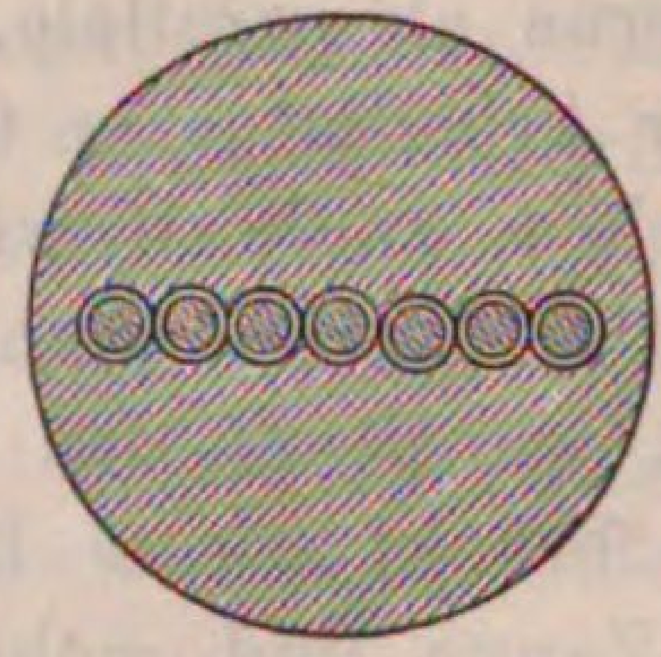
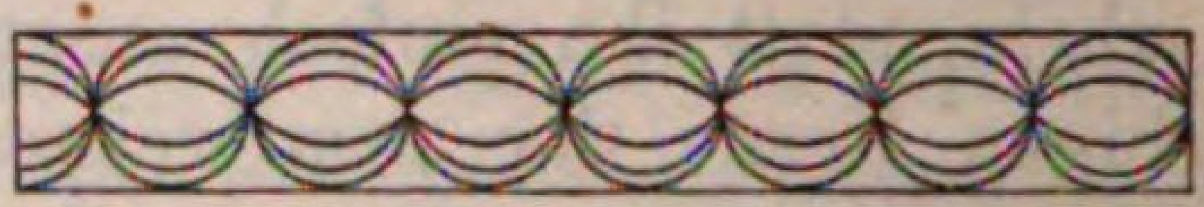


Fig. 131.



schnell auszieht, fallen die einzelnen Glieder mehr kreisrund oder langgestreckt aus. — Nicht überfangene Stäbe aus blossem gefärbtem Glas, in der Form neben einander gereiht, werden natürlich, wegen mangelnder Zwischenlagerung vom weissen Glas, verschmelzen und statt paralleler Linien ein Band bilden; so in der Anordnung Fig. 132 ein Band aus vier farbigen Stäben mit andersfarbigen Rändern eingefasst, Fig. 133. Soweit

Fig. 132.

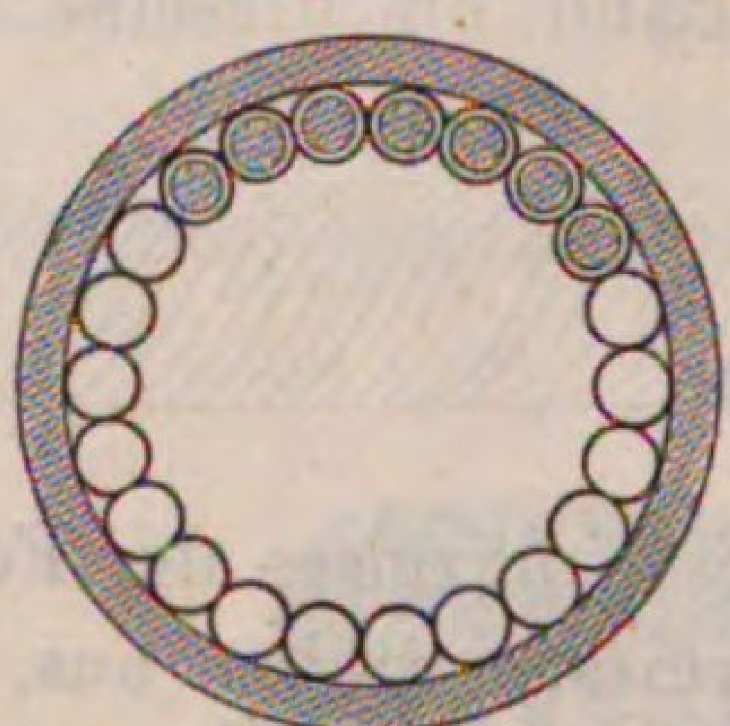


Fig. 133.



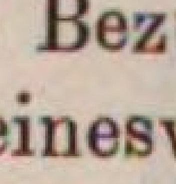
Fig. 134.



sind nur Aenderungen in der Anordnung in Betracht gekommen, ebensoviele oder noch mehr sind in Bezug auf die Farben möglich, ebensoviele in Bezug auf den Querschnitt der ursprünglichen farbigen Stäbchen, die keineswegs immer rund, sondern halbrund, sternförmig u. s. w. sein können, wie in dem zusammengesetzten Stab Fig. 134.

zu Millefiori.

Fig. 35.



Umgiebt man einen Stab der Fügung Fig. 135 mit sechs anderen, fasst den Bündel vorläufig mit Draht, bis man ihn an einem Hefteisen befestigt und aufgewärmt hat, so ist es leicht, die sieben Stäbe durch Marbeln zu einem dichten runden Glaskörper (Fig. 136) zu vereinigen.

Durch Ueberfangen dieses Glaskörpers mit weissem Glas, endlich durch Marbeln, Ausziehen und Zerschneiden erhält man Stäbchen der zweiten Ordnung, welche, wie der Glaskörper selbst, vor dem Ausziehen, einen Stern im Querschnitt geben, Fig. 137. Sieben Stäbe zweiter Ordnung, ebenso gefügt und behandelt, liefern ihrerseits wieder Stäbe dritter Ordnung. Natürlich ist die Fügung nicht immer ein Stern, andere

Figuren, wie Blumen etc., sind eben so leicht ausführbar. Man hat auf diese Art Stäbe hergestellt, deren Querschnitt ein Wappen vorstellt, zu Knöpfen u. s. w. aus kurzen Abschnitten des Stabes. Es versteht sich von selbst, dass man von Stäben der dritten zu Stäben einer vierten Ordnung u. s. w. vorschreiten kann, wie Fig. 138 und Fig. 139 und dass zudem hierbei ein reiches Feld für Farbenzusammenstellung und Abwechslung ist.

Fig. 136.

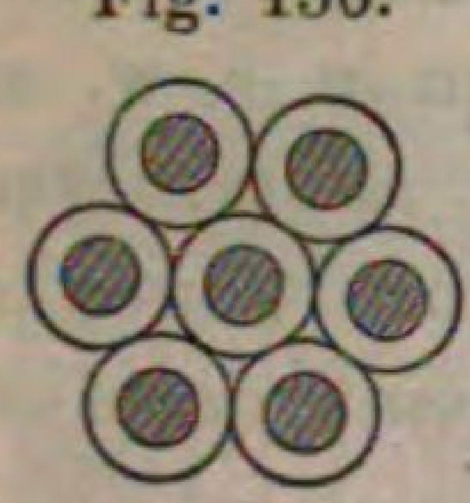


Fig. 137.

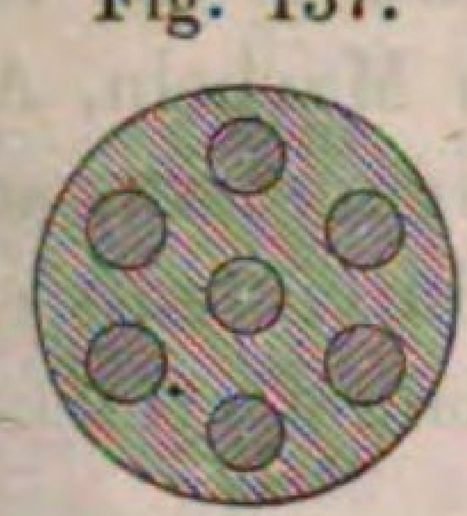


Fig. 138.

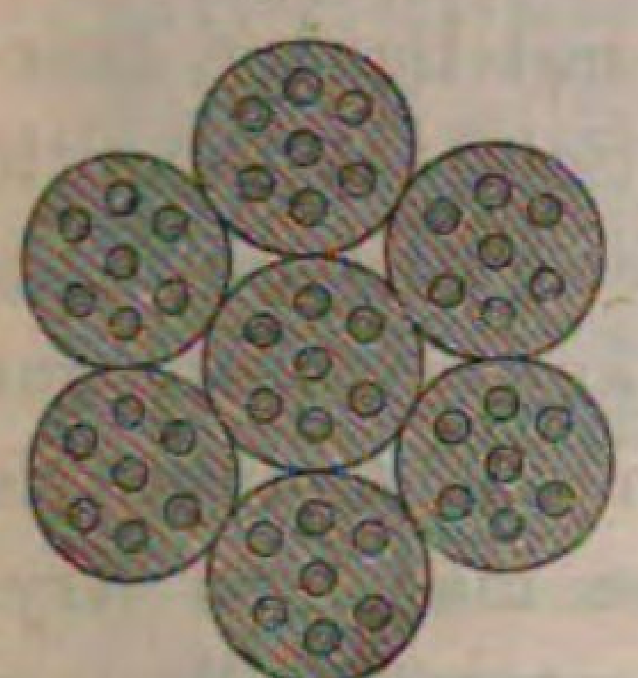
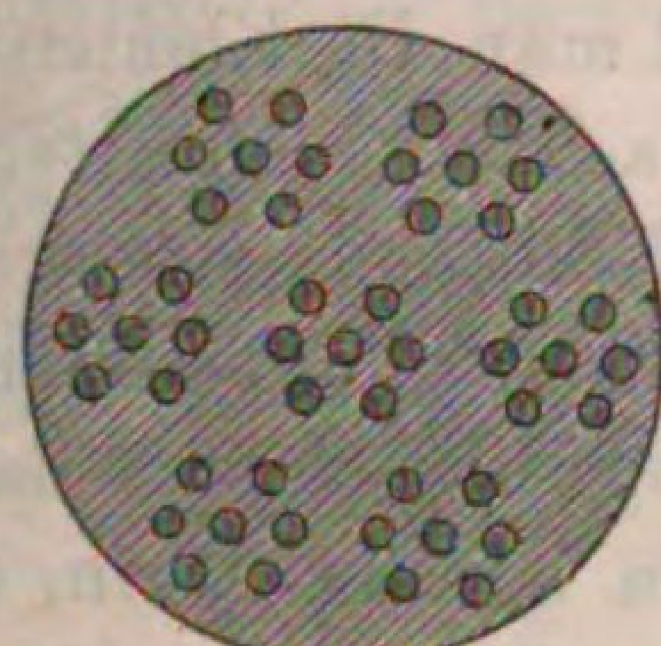


Fig. 139.



Gefässe aus solchen Elementen.

Nach den beschriebenen Kunstgriffen erhält man nun Stäbe von den verschiedenartigsten Mustern, etwa 12 Centimeter lang und 1 bis 3 Centimeter stark, die nur eine Zwischenform sind und in Vorrath zur Anfertigung der Glaskunstwaaren gehalten werden. Sie heissen bei den Italienern, wenn das Muster geradlinig, einfach „*canne*“, wenn das Muster gewunden, „*canne ritorti*“ (im Deutschen insgemein „*Elemente*“); Gefässe mit Verwendung dieser letzteren Stäbe hiessen sonst „*vasi ritorti*“, heutzutage „*vasi a filigrana ritorta*“, „*Filigrangläser*“ und werden wie folgt erhalten, um auch davon ein Beispiel zu geben:

Nach der dem Kelch, der Schale etc. zu gebenden Zeichnung wählt man die Elementstäbe aus und stellt sie auf eine oder die andere Weise, z. B. in einer Thonform, in einen Ring zusammen. In diese Aufstellung der Elemente senkt man nach gehörigem Erwärmen den glühenden Glaskörper von weissem Krystall, Fig. 140, und bläst soweit auf, dass die Elemente durch die Pressung festhaften und mit aus der Form herausgehen,

Fig. 140.



Fig. 141.



Fig. 142.



Fig. 141. Das noch etwas gerippte Ganze lässt sich nun aufwärmen und marbeln, wodurch die Theile sich innigst verbinden und ein Kölbchen bilden, welches wie jedes andere aufgeblasen und zu einem beliebigen Gefäss geformt werden kann. Gewöhnlich bläst man nicht ohne weiteres auf,

sondern schränkt das Kölbchen am vordern Ende, bildet daselbst eine Spitze, in der dann alle die Stäbe zusammenlaufen, fasst die Spitze mit der Zange und giebt der Pfeife eine Drehung. Es versteht sich von selbst, dass die aufgenommenen Stäbe bei dem Marbeln, Aufblasen u. s. w. sich abplatten und an einer Stelle ihrer Länge stark, an einer andern wenig in die Breite getrieben werden. Dadurch entstehen Aenderungen der Zeichnung der Elemente und das gebildete Gefäss erscheint dann von unten gesehen wie Fig. 142 a. v. S.

Reticulirte Arbeiten.

Zu den unter dem Namen „*vasi fioriti*" oder „*vasi millefiori*" von den Venetianern erzeugten Gläsern braucht man die Elemente mit bunten Sternen, Fig. 136 bis 139, in sehr kurzen flachen Abschnitten. Solche Abschnitte drückt man in die dicke Wand eines Kölbchens von weissem Krystall nach einer gewissen Auswahl, Regel und Anordnung, wärmt auf, marbelt zur innigen Verbindung und Ausgleichung und formt dann das Gefäss wie gewöhnlich. — Ein anderes Verfahren besteht darin, dass man aus Krystall ein Gefäss mit stark eingezogenem Boden (wie der untere Theil einer Flasche) bläst, von der Pfeife schneidet, dann zwischen den eingezogenen Boden und Wand die Abschnitte der Elemente einlegt. Ist dies regelmässig geschehen, so befestigt man die Pfeife wieder an den abgeschnittenen Hals, wärmt auf und bewirkt durch Saugen, dass Boden und Wand fest auf sich und auf die Abschnitte zusammengehen, die nun zwischen zwei Glasflächen eingelöthet sind. Indem man nun den Gegenstand so an eine zweite Pfeife klebt, dass der hohle Boden das Innere des künftigen Gefässes wird, schneidet man die erste Pfeife ab und vollendet das Arbeitsstück.

Nimmt man auf einer Eisenfläche vertheilte Abschnitte oder vielmehr dünne Scheibchen von Millefioristäben, unter der Vorsicht des vorherigen Erwärmens mit einem Ballen Krystall am Hefteisen auf und überfängt dann mit demselben Krystall, so giebt dies nach dem Marbeln zu einer flachen Kugel gemarbelt mit darauf folgenden Schleifen und Poliren, die bekannten Millefiori-Briefbeschwerer.

Bei den „*vasi a reticelli*" oder „*reticulirten Gläsern*" kommt zu den obigen Kunstgriffen noch ein anderer bisher nicht erwähnter hinzu. Die Elemente hierzu sind entweder bloss weisser Krystall, oder viel gewöhnlicher Stäbe aus weissem Email (mit Zinnoxyd, sogenannter „*latticinio*") stark mit jenem Krystall überfangen. Als Vorbereitung fertigt man sich aus diesen Elementen zunächst Hülsen, Fig. 143 f. S., an, die vorerst zwischen Glasringen *a* und Drahtreifen zusammengehalten werden. Durch Vorwärmen können diese Hülsen dann an eine Pfeife befestigt und so im Feuer erhitzt werden, bis die Stäbe fest aneinander haften und die Drähte abgenommen werden können. Durch Anheften des Bindeeisens an das offene Ende wird nun die Hülse unter Drehung der Pfeife kegelförmig ausgezogen, Fig. 144, aber so, dass bei der einen Hälfte Hülsen die Drehung rechts, bei der andern Hälfte links ist, die Spiralen beider also widerläufig sind. Die etwa fusslangen Kegel werden nach Bedürfniss in

Reticulirte Arbeiten.

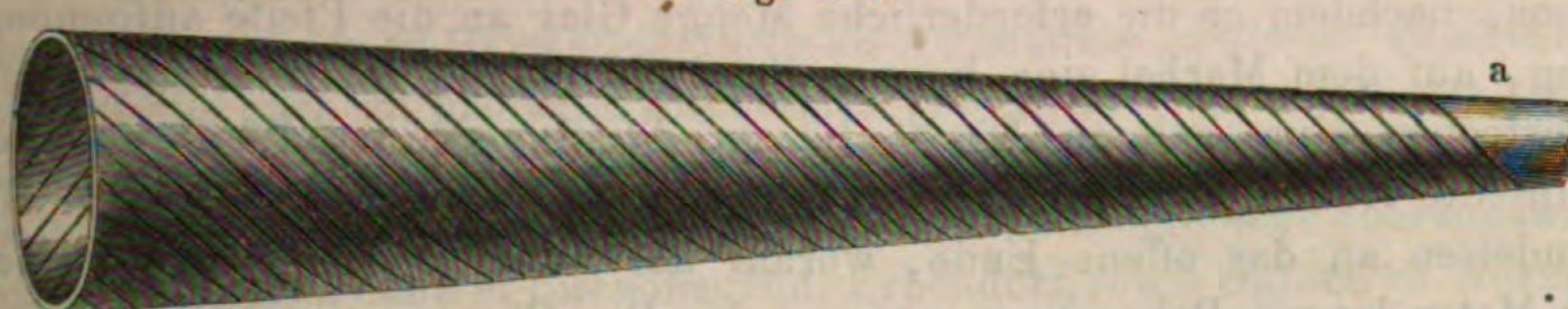
3 bis 5 Zoll lange Stücke abgeschnitten. Zwei solche Stücke, eins mit rechten und eins mit linken Spiralen in einander geschoben wie Fig. 144,

Fig. 143.



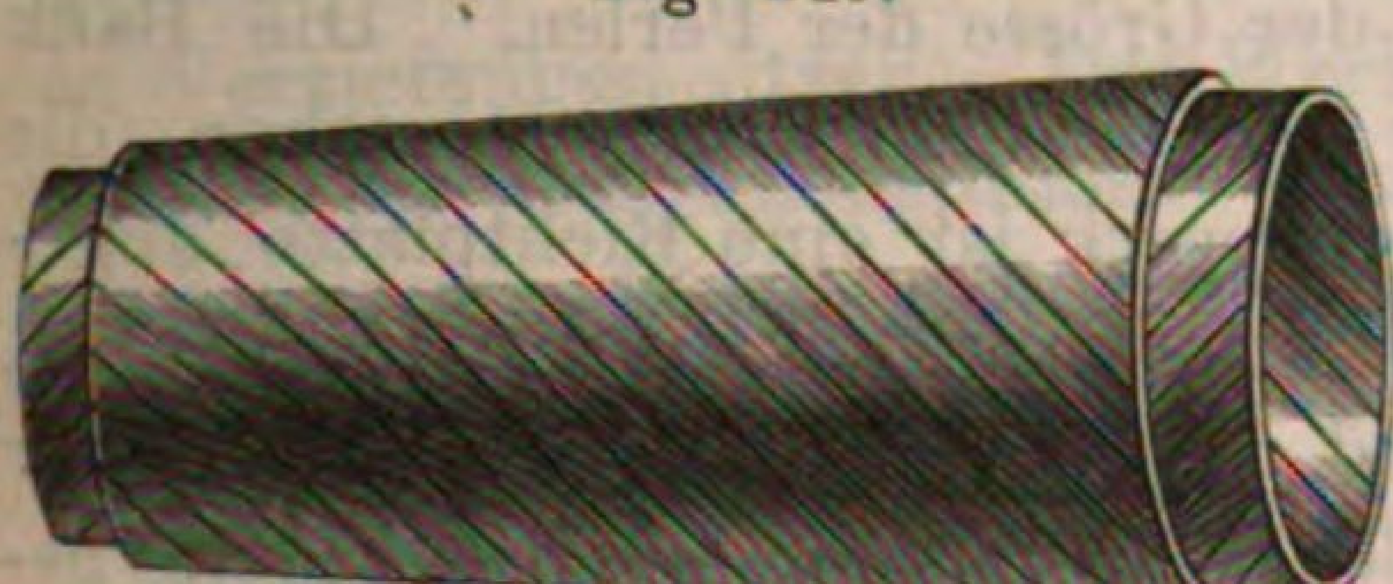
das eine Ende an der Pfeife befestigt, das andere durch Schränken geschlossen, geben ein Kölbchen, welches man wie gewöhnlich behandelt und in die gewünschte Form ausarbeitet. — Wenn richtig gearbeitet worden, namentlich das Glas nicht zu leichtflüssig, so sind die aus aneinandergelötheten Stäben bestehenden Hülsen — und dies ist der Hauptpunkt, worauf es ankommt — auf der Stufe der Arbeit Fig. 145 noch gerippt, die Stäbe haben sich durch das Anwärmen, Ziehen und Winden noch wenig abgeflacht; beim Ineinanderschieben der beiden

Fig. 144.



Kegel, Fig. 145, bleiben dadurch zwischen den sich kreuzenden Rippen Lücken, die beim weitern Verarbeiten durch die innigere Verschmelzung der beiden Glasschichten abgeschnürrt, als gleichgrosse in Schraubenlinien

Fig. 145.



geordnete Luftbläschen zum Vorschein kommen. Enthalten die Stäbe einen Faden von weissem Email, so bilden die Emailfäden durch Kreuzung der Schraubenlinien ein netzartiges Gewebe von Rauten, jede mit einem Luftbläschen in der Mitte, Fig. 146. Diese ungemein zierlichen Arbeiten gehören zu den schwierigsten der Ausführung. Der Weg, sie zu erzeugen, war lange in Vergessenheit gerathen, bis er vor dreissig Jahren von F. **Pohl** wieder aufgefunden wurde.

Fig. 146.



Perlen.

Allgemeines.

Von den ursprünglich venetianischen Erfindungen in Glas sind die Perlen wohl die einzige, die ohne Unterbrechung bis heute fortgedauert hat; ja die kleinen Stick- und Strickperlen kommen noch ausschliesslich aus der Lagunenstadt und Murano, wo sieben Fabriken jährlich gegen

50 000 Centner erzeugen. Durchsichtiges Glas und Email in allen Farben und Farbentönen werden zu diesem Zweck in ziemlich kleinen Oefen, nach Art der böhmischen mit offenen Häfen verarbeitet. — Die Fabrikation besteht, abgesehen vom Schmelzen des Glases, in zwei getrennten Stufen: Ausarbeiten des Glases in Röhren und Verarbeiten der Röhren zu Perlen. Alle Stick- und Strickperlen sind in ihrer Entstehung nur Abschnitte von Röhren, kürzer als ihr Durchmesser. Die Röhren gewinnt man durch Ziehen, mit wenigen Abweichungen nach den Seite 96 gelehrten Grundsätzen. Selbstverständlich müssen die Röhren eine den künftigen Perlen entsprechende Wandstärke besitzen. Mithin muss auch der hohle Glaskörper, woraus sie gezogen werden, von vornherein in demselben Verhältniss der lichten Weite zum äussern Durchmesser angelegt sein. Der Hohlkörper wird jedoch nie geblasen wie bei den gewöhnlichen Glasröhren. Das Aufblasen würde den Glaskörper zu sehr abkühlen, auch viel mehr Abfall an den Enden als Näbel geben. Der Arbeiter formt vielmehr, nachdem er die erforderliche Menge Glas an die Pfeife aufgenommen, auf dem Marbel eine kurze, dicke Walze und giebt dieser durch Einstechen eines spitzen Eisens bis in das Innere der Pfeife die gewünschte Höhlung. Nach dem Aufwärmen heftet ein Gehülfe sofort ein Bindeisen an das offene Ende, worauf der hohle Glaskörper auf einer 50 Meter langen Bahn ausgezogen wird. Das Glas muss sehr heiss und rasch gezogen werden, wenn es sich zu so dünnen und langen Röhren ausspinnen soll. Es folgt Zerschneiden der langen, strohhalmförmigen Röhre in 60 bis 80 Centimeter lange Stücke und Sortiren nach der Dicke.

Strick- und Stickperlen.

Die sortirten Röhren schneidet man nun auf einer Bank ähnlich wie Häckerlinge, in kurze Abschnitte von der Grösse der Perlen. Die Bank ist mit einer feststehenden und einer beweglichen Klinge versehen, die scheerenartig wirken. Vor dem Schneidewerk ist eine Richtplatte angebracht; indem man die Röhren mit der Linken gegen die Platte anstösst, kommen die Enden in einer Ebene und in demjenigen Abstand von der mit der Rechten bewegten Klinge, welche die Länge der Abschnitte bestimmt. Statt der Bank sind auch Werkzeugmaschinen im Gange, die die Handarbeit ersetzen.

Die kleinen Röhrenabschnitte, durch Sieben von den Splittern etc. befreit, haben natürlich schneidende Kanten, aber im übrigen bereits die Form der Perlen. Durch Erhitzen auf die Temperatur der beginnenden Erweichung runden sich die Kanten von selbst. Damit die Perlen jedoch nicht aneinander kleben oder die Höhlung verlieren, knetet man sie in ein mässig befeuchtetes Gemenge von Kohlenstaub und gelöschtem Kalk, welches die gegenseitige Berührung hindert und die Löcher ausfüllt. Die Masse wird nun in Büchsen von Eisenblech vertheilt und in den Glühofen eingesetzt. Das zugesetzte Pulver bleibt lose und klebt nicht oder nur sehr leicht an die Perlen. Durch wiederholtes Sieben der erkalteten Masse und Schwingen mit Sand in langen Säcken, also durch Scheuern, geht das Pulver von der Oberfläche und aus den Löchern der

Perlen und wird von den Perlen abgeschieden. Durch ein nachfolgendes Schwingen in Säcken mit Kleie erhalten sie den vollen Glanz. Sieben zum Entfernen der Kleie und Sortiren nach der Grösse, endlich Aufreihen auf Fäden macht den Schluss.

Neben den im Obigen beschriebenen Stickperlen kommen noch andere derselben Fabrikation vor, die bei ungefähr gleicher Dicke sich nur durch ungleich grössere Länge, etwa das 5- bis 6fache des Durchmessers, unterscheiden. Dahin gehören die sogenannten Schmelzperlen, wenige in Farben, viele in schwarzem, die meisten von ungefärbtem Glas, mit schönem Atlasglanz. Diese letzteren werden aus schaumig gerührtem Glase gezogen. Indem die kleinen Blasen des Glases sich dabei zu zahlreichen, äusserst feinen Linien ausspinnen, bewirken sie das atlasglänzende Ansehen. Sie behalten herkömmlicher Weise die schneidenden Ränder, wohl aus dem Grunde, weil sich die feinen hohlen Linien beim Ausglühen schliessen würden. Schmelzperlen.

Wesentlich verschieden ist die Art der Erzeugung von grossen Perlen, wie sie theils zu Halsketten, theils als sogenannte „*Paterln*“ zu Betkränzen, theils auch zu gröberen Stickereien gebraucht werden. Dieser Zweig, ebenfalls ursprünglich und noch jetzt in Venedig betrieben, hat schon seit geraumer Zeit einen Hauptsitz auch im Fichtelgebirge (vorzugsweise in der Steinach, dann in Bischoffsgrün, Erbendorf, sowie endlich zu Warmensteinach) hier mit starker überseeischer Ausfuhr, und im Oesterreichischen. Perlen dieser Gattung werden niemals aus Röhren geschnitten, sondern unmittelbar aus dem Hafen geformt. Der Ofen enthält 4 bis 5 Schmelzhäfen zur Herstellung des Glases in mehreren Farben zugleich und eine grössere Anzahl kleiner Häfen zum Ausarbeiten, vor welchen die Arbeiter in Vertiefungen sitzen. Das Werkzeug zum Formen ist ein spitzes, armlanges Eisen in Thonschlicker getaucht, um das Festhaften des Glases zu verhindern. Indem der Arbeiter dieses Werkzeug etwas in den Hafen taucht, bleibt die erforderliche Menge Glas daran haften, indem er das Werkzeug schwingt, staut sich das Glas zu einem Wulst auf, und indem er es fleissig um die Axe dreht, giebt er dem Wulst die symmetrische Form eines dicken Rings, der sich nach dem Erkalten mit einer Gabel abstreifen lässt. Natürlich hat man mehrere Eisen zum wechseln, während die Perle an dem einen erkaltet, formt man an dem andern eine neue u. s. f. — Ein Arbeiter macht 3000 bis 4000 Stück Perlen in der zwölfstündigen Schicht. Die Perlen werden nach „*Maschen*“ verrechnet, die Masche der kleinen ist 1000, der grössern 100 Stück. Der Arbeitslohn für eine Masche der kleinen ist nicht ganz 8 Pfennige, der grösseren etwas über 10 Pfennige. Es giebt eine Abstufung von Nummern (14 meist), wovon die kleinsten 1 Loth, die grössten 7 Pfund die Masche wiegen. Der Verkaufspreis wechselt von etwa 2 Sgr. bis 17 Sgr. die Masche. Die zu Halsbändern bestimmten Perlen werden zum grössten Theil noch geschliffen. Schnüre solcher Perlen, mit 60 bis 70 Facetten jede, werden zu 10 Sgr. bis 25 Sgr. verkauft. Paterln.

Mit der Fabrikation der dicken Perlen ist gewöhnlich noch die von Ringen, Knöpfen aller Art, Steinen zu Busennadeln u. s. w. verbunden.

Unächte Perlen aus Glas.

Eine dritte Gattung von Perlen, als Nachahmung der natürlichen Perlen aus Muscheln, Korallen u. s. w., gewöhnlich unächte genannt, sind nur dünnwandige, aus Röhrchen vor der Lampe geblasene Glaskugeln. Sie erhalten auf der innern Fläche einen Beleg, der ihnen Farbe und Ansehen des nachzuahmenden Materials giebt. Korallen und ähnliche Nachahmungen werden durch Einbringen und Ausbreiten eines Tropfens einer geschmolzenen und gefärbten Wachsmasse hervorgebracht, die auf der Innenfläche erstarrt. Nachahmung der natürlichen Perlen von grosser Schönheit erhält man mittelst der „*Essence d'Orient*". Sie besteht aus einer Aufschlämmung der perlenglänzenden Masse auf den Schuppen der gewöhnlichen Weissfische, die sich schon beim Waschen grösstentheils ablöst. Man macht sie zum Schutz gegen Fäulniss mit Ammoniak an und giebt ihr einen klebenden Zusatz von Hausenblasenleim. Fünfhundert Fische sollen erst 1 Loth jener Substanz geben; sie ist dafür aber auch sehr ergiebig. Nach Barreswil soll sie einerlei sein mit dem Guanin, einem Bestandtheil des überseeischen Vogeldüngers.

Incrustationen.

Sieht man bei wolligen Pflanzen durch einen Tropfen Wasser auf die davon nicht benetzbare Oberfläche eines Blattes, so erscheint die Stelle als mattes Silber. Dieselbe Wirkung bringen matte Körper mit feinkörniger Oberfläche, wie gebrannter Thon, hervor, wenn man sie mit Glas überzieht, wie bei den sogenannten „*Incrustationen*". Die Grundlage ist ein plastischer Gegenstand von weissem Pfeifenthon oder Biscuit, flach gehalten, den man vorgewärmt in zwei Schichten Krystall einschliesst, so dass das Bild sich in der Masse des Krystalls eingeschmolzen befindet. Ebenso kann man Thonabdrücke in der Art auf Gläser und Becher als Medaillon anbringen. Giebt man der als Decke dienenden Krystallschicht eine gelbe Farbe, so entsteht die Wirkung des matten Goldes. Ein zweites Verfahren der Herstellung von Incrustationen besteht darin, dass man einen flachen, dickwandigen Hohlkörper bläst, unten aufschlitzt, und durch die Oeffnung den Thonabdruck einführt. Nachdem inzwischen angewärmt worden, wird die Oeffnung mit der Zange wieder zugedrückt und, während ein Junge die Luft aussaugt, der hohle Glaskörper vom vordern Ende gegen die Pfeife hin vorschreitend zusammengedrückt, bis beide Glasflächen dicht vereinigt sind. Die Hauptsache ist Vorsicht gegen das Miteinschliessen von Luftblasen. — Das Glas sitzt nie dicht auf dem gebrannten Thon. Indem nun das Auge den Glanz der innern Glasfläche und zugleich die weisse feinkörnige Oberfläche des Thons sieht, empfängt es den Eindruck von mattem Silber bis zur Täuschung.

Anstatt Figuren von Thon nimmt man auch Darstellungen in eingebranntem Email auf Goldblätter, z. B. Wappen und ähnliches, von Incrustationen zu einer andern Art, wobei die Behandlung dieselbe ist. —

Eisglas.

Eine durch eigenthümliche Zerklüftung der Oberfläche ausgezeichnete Glaswaare, die dadurch eine rauhe unebene Aussenseite, wie zusammengefroren gewinnt, ist das „*Eisglas*“, eine alt-venetianische Erfindung, die in den letzten Zeiten wieder sehr in Schwung gekommen. Taucht man einen angefangenen Gegenstand, als dickwandigen Kolben, hochglühend in Wasser, aber nur einen Augenblick, so reisst die Oberfläche, die allein erstarrt, in tausend feine Sprünge, während das Innere heiss und ganz bleibt. Beim weitern Ausarbeiten und damit verbundenen Anwärmen öffnen sich die oberflächlichen Sprünge und ihre Kanten runden sich zugleich ab. Zuweilen werden die zwischen den Klüften stehen gebliebenen Erhöhungen noch etwas rauh geschliffen. Manche wiederholen das Aufwärmen und Abschrecken in Wasser zum zweiten Male, setzen auch wohl dem Wasser Sägespäne zu in der Meinung, dass die zu erzeugenden Sprünge sich nach der Gruppenlage der Sägespäne richten. Nie soll der Gegenstand bis zur Pfeife, sondern nur bis zum Hals in das Wasser getaucht werden.

Im Ganzen läuft diese Behandlung des Glases doch mehr auf eine Entstellung als Verzierung hinaus und ist sehr im Abnehmen.

Gesponnenes Glas.

Spinnen.

Die ganz ausserordentliche Dehnbarkeit des Glases im halbgeflossenen Zustande, durch die es unter anderen möglich ist, glühend erweichtes Glas zu einem Faden von der äussersten Feinheit auszuziehen, hat schon längst zu dem Gedanken angeregt, das Glas zu spinnen, wie natürliche Fasern zu verarbeiten. Ein Glanz, der den der Seide noch weit übertrifft, die Wohlfeilheit des Rohstoffs und die anscheinende Leichtigkeit der Ausführung des Glasspinnens luden doppelt dazu ein. In der That ist nichts leichter als Glas zu spinnen in der Art, wie dies umherziehende Künstler zu thun pflegen; man zieht das Ende von einem beliebigem Stück Glas vor der Lampe zu einem Faden aus und befestigt das Ende auf einer um ihre Axe drehbaren Trommel; sobald man nun das Glas stetig in der Lampe erweicht hält und gleichzeitig die Trommel dreht, wird sich ein Faden von beliebiger Länge auf den Umfang der letztern aufwinden, der dann als Strang abgenommen werden kann. So leicht es auf diese Art auch dem Ungeübten fallen wird, einen Faden, selbst einen Faden von grösserer Länge zu erzeugen, so schwer ist es doch, wie man leicht sieht, einen Faden zu erzielen, der allen Anforderungen an eine brauchbare Gespinnstfaser entspricht. Jede Temperaturveränderung in der Flamme, oder was

Das Glasgespinnst.

dasselbe ist, jede Verschiebung des in der Flamme befindlichen Endes des zu spinnenden Glases wird sofort die Beschaffenheit des Fadens ändern, wird das Glas zu heiss, so verdünnt sich der Faden und schmilzt zuletzt ab, wird es zu kühl und damit zu zäh, so verdickt sich der Faden oft bis zur Bildung von Knoten. Ebenso wird der Faden dicker oder dünner mit wechselnder Umdrehungsgeschwindigkeit der Trommel. Es erfordert mit einem Worte eine ungewöhnliche Uebung, Stetigkeit und Fertigkeit, eine einigermassen gleichmässige Fadendicke des Gespinnstes zu erzielen. Noch viel schwieriger als die Gleichmässigkeit des Fadens ist die Forderung, dass der Faden für seine Anwendung eine gewisse und zwar sehr beträchtliche Dünne nicht überschreiten darf. Ein als Einschuss in Bekleidungsstoffe, zu Damenputz, künstlichen Federn, Halsschmuck, Armbändern u. s. w. brauchbares Glasgespinnst muss dünn genug sein, um alle Biegungen und Schlingungen zu ertragen, ohne zu brechen, auch die schroffsten, bis zum Knüpfen. Dies war es eben, was man bislang nicht zu erreichen vermochte, alle Glasgewebe unterlagen dem Fehler, dass sich beim Gebrauch Splitter ablösten, die in die Haut eindrangen, einen unangenehmen und nachtheiligen Reiz auf dieses Organ ausübten.

Neuerdings hat J. de Brunfaut unter dem Namen „*Glaswolle*“ (aus schmalen Glasstreifen vor der Lampe mit Trommel wie oben) ein Glasgespinnst erzeugt, welches von diesem Fehler gänzlich frei sein soll und viel Aufsehen erregte. Es soll sich wie Haar zu Locken kräuseln, zu Watte verarbeiten, zum Nähen sogar auf der Nähmaschine zu Stepp- und Kettenstich gebrauchen, wie Wolle zusammendrücken und zu dem vielfachen Umfang wieder aufblasen lassen. Die Dünne soll bis zu dem Grade gehen, dass 80 bis 160 Fäden nebeneinander gelegt erst die Breite eines Millimeters ausfüllen (Kiek). — Wenn auch, wie man vermuthet, dieser Erfolg theilweise in einer passenden Wahl oder Mischung des Glases zu suchen ist, so liegt er doch der Hauptsache nach nur in einer hochgetriebenen persönlichen Kunstfertigkeit.

Wie sich von selbst versteht, geben gefärbte Gläser auch farbige Gespinnste und somit das Mittel zur Erhöhung der Wirkung und ihrer Vervielfältigung. Dabei ist nicht zu vergessen, dass die Farbe des Glases in Stücken, nach dem Spinnen nur in bedeutend lichteren Tönen wiederkommt.

Aetzen des Glases.

Vorbemerkung.

Fluorwasserstoffsäure zersetzt sich bekanntlich sehr kräftig mit Kieselerde und unter Bildung von Fluorsilicium. Sie thut es nicht minder mit Verbindungen der Kieselerde und mit dem Glase, wobei die vorhan-

denen Basen in Fluormetall übergehen. Darauf beruht das Aetzen in Glas; Anfressen desselben durch Aufschliessung mit Fluorwasserstoff. Auch manche Fluormetalle in Auflösung wirken ätzend auf das Glas, so Fluorkalium, Fluornatrium und Fluorammonium. Von dieser Eigenschaft der Flusssäure hat man von jeher Anwendung gemacht, die seit einem Jahrzehnt neue Richtung und Bedeutung gewonnen hat. Vorbemerkung.

Das Ansehen der geätzten Glasflächen ist abweichender Art, je nach der Form, in der man die Flusssäure anwendet. Der Dampf der Flusssäure, so wie sie sich aus Flussspath und Schwefelsäure entwickelt, hinterlässt die angefressene Stelle matt; wässerige Flusssäure nicht matt, sondern mit einigem Glanz, fast durchsichtig. Trägt man das Gemenge aus Flussspath und Schwefelsäure unmittelbar auf das Glas, so hinterlässt dies nach der Aetzung eine matte Oberfläche, die bei höherer Concentration der Schwefelsäure ungleichmässig, bei geringerer (am besten mit 4 Thln. Wasser verdünnt) gleichmässiger ausfällt. Fluorammonium giebt ebenfalls eine matte Fläche.

Die Anwendung der Fluorverbindungen als Aetzmittel gewinnt erst die wahre praktische Bedeutung als topische Aetzung mittelst Aetzgrund. Ueberzieht man Glas mit einem Firniss aus Asphalt, Wachs und Pech, so schützt dieser vollkommen vor dem Angriff; entblösst man einzelne Stellen von dem Aetzgrund, so werden nur diese angegriffen; so lassen sich Schrift und Zeichnungen aufs leichteste in Glas ätzen. Für solche Darstellung ist die dampfförmige Flusssäure vollkommen genügend. Eigentliche Muster lassen sich auf Glas durch Schablonen wiedergeben, nach deren Vorschrift man den Aetzgrund, mit dem Pinsel oder auch als Pulver mit dem Sieb aufträgt. Hier, wo es sich nicht um Linien, sondern Flächen handelt, welche matt erscheinen sollen, wählte man zum Aetzen den Brei aus Flussspath und verdünnter Schwefelsäure. Alle diese Fälle von Aetzung waren von wenig Belang, am bedeutendsten noch war die Anwendung der Flusssäure zur topischen Wegnahme von Ueberfang auf Tafelglas und Ersetzung durch andere Farben, dann zum Aetzen von Verzierungen auf Spiegeln. Für anderes als flaches Glas war das Aetzen, wenige Fälle abgerechnet, nicht geeignet.

Im Jahr 1855 ist jedoch von L. Kessler in Frankreich ein Verfahren eingeführt worden, welches das Aetzen auf ein neues fruchtbares Feld hinüber wies und ihm damit eine ungleich höhere Bedeutung verlieh, als bisher. Von jeher hat man Glaswaaren durch Einschleifen von Namen, Zeichnungen, bildlichen Darstellungen mit dem Rade verziert. Diese Arbeit der „geschnittenen Gläser“ eignet sich nur für sehr geübte Hände, ist sehr zeitraubend, kostspielig und wiederholt sich, indem sie das Princip der Vervielfältigung ausschliesst, bei jedem einzelnen Stück in ihrem ganzen Umfang. Die Kessler'sche Methode ersetzt das Schneiden des Glases durch Aetzen, die Darstellungen sind bei ausserordentlicher Leichtigkeit der Ausführung in hohem Grade ansprechend und von einer Wirkung, die bei dem Schleifen mit dem Rade kaum hervorzubringen ist. Aetzen nach Kessler.

Indem diese Methode ferner sich des Ueberdrucks von Stein- oder Kupferplatten auf Glas bedient, ist sie einer tausendfachen Vervielfältigung der künstlerischen Arbeit auf Glas und zwar auf Glaswaaren jeder Form und Gestalt fähig. Der eigentliche Gegenstand der Kessler'schen Erfindung ist daher die künstlerische Ausschmückung des Bleikrystalls durch Aetzen.

Die Zeichnung auf Papier.

Der Künstler entwirft zunächst seine Zeichnung auf einem ebenen und polirten lithographischen Stein mittelst einer Tinte aus Asphalt in Terpentinöl gelöst. Nachdem die Zeichnung getrocknet, ätzt man den Stein mit Wasser, welches man schwach mit Salzsäure angesäuert hat, einen halben Millimeter tief, reinigt und trocknet ihn. Die Zeichnung ist somit erhaben, der Grund vertieft. Es folgt der Ueberdruck auf Papier und zwar mit derselben Masse, die nachher bei der Ausführung auf Glas als Aetzgrund dient, aus 3 Thln. Asphalt, 2 Thln. Stearin und 3 Thln. Terpentinöl. Indem man den Stein zuerst mit diesem Aetzgrund übergeht, dann mit einer geradkantigen Metallschiene abstreicht, wird die Zeichnung blossgelegt, während der Aetzgrund überall die Vertiefung ausfüllt. Durch Auflegen von einem Blatt Papier erhält man unter der Presse einen entsprechenden Abdruck. Damit der als Druckfarbe dienende Aetzgrund gehörig und vollständig vom Stein auf das Papier übergeht, muss die Adhäsion des Aetzgrundes zu diesem grösser sein, als zum Stein. Auf diese Weise kann von dem Stein eine beliebige Anzahl von Abdrücken genommen werden. — Der Abdruck ist nun von dem Papier auf das Glas zu übertragen. Zu dem Ende legt man denselben mit der bedruckten Seite auf die Glasfläche, breitet ihn glatt aus und drückt ihn nach allen Seiten dicht auf. Der Abdruck haftet nun vermöge der klebenden Beschaffenheit des Aetzgrundes fest auf dem Glase. Durch Abziehen des Papierblattes bleibt der Aetzgrund auf dem Glase zurück und zwar genau nach der Zeichnung, gerade so als ob man unmittelbar darauf gedruckt hätte. Das Uebertragen der Zeichnung von einer ebenen auf eine krumme Fläche kann natürlich nicht ganz ohne Verzerrung geschehen, empfindliche Darstellungen bei schroffen Biegungen sind daher zu vermeiden. Um das Papier abziehen zu können, ist vor dem Auflegen auf das Glas eine Vorbereitung nöthig, welche die Adhäsion des Papiers gegen den Aetzgrund lockert. Sie besteht darin, dass man den Abdruck mit der reinen Seite schwimmend auf stark verdünnte Salzsäure legt, bis das Papier ganz davon durchdrungen ist.

Uebertragen auf Glas.

Aetzen.

Nach dem Abziehen des Papiers ist nur ein bestimmter Theil der zu schützenden Oberfläche des Glases mit Aetzgrund bedeckt, nämlich nur die nächste Umgebung der bildlichen Darstellung, was natürlich nicht genügt. Man überzieht nun auch den Rest jener Oberfläche mit dem Pinsel und lässt das Ganze trocknen. Senkt man darauf das Glas in die Aetzflüssigkeit, so findet diese keine andere Stelle des Angriffs als die Theile der Zeichnung. Zum Mattätzen dient Lösung von Fluorammonium, auch die von Tessié du Mothay und Maréchal zuerst (1864) empfohlenen Verbindungen der Fluorwasserstoffsäure mit Fluorkalium oder Fluornatrium, in Wasser

gelöst und mit etwas Salzsäure angesäuert; zum Durchsichtigätzen Lösung von Flusssäure. Durch Abwechslung von matt und klar geätzten Stellen, durch Wegätzen von Ueberfang, durch Aetzen von mehrfachem Ueberfang auf verschiedene Tiefen sind zahlreiche Abänderungen von trefflicher Wirkung möglich. — Wenn es auf besondere Schärfe ankommt, kann man statt den lithographischen Stein zu ätzen, auch mit dem Grabstichel arbeiten.

In den Krystallhütten zu Baccarat und zu St. Louis ist das oben beschriebene Verfahren in grösster Ausdehnung im Gange.

Sprengen, Bohren etc.

Um Theile von einem Gegenstande aus Glas abzutrennen, bedient man sich, wenn diese Theile von geringerem Umfange sind und dicken, besonders gekrümmten, unebenen Flächen angehören, des Sprengens, d. h. einer starken, möglichst auf die Theilungslinie eingeschränkten Erhitzung: so mit dem glühenden Eisen (beim Tafelglas beschrieben), mit glühender Kohle, mit schmalen scharfen Stichflammen, endlich durch scharfe Reibung mittelst einer umwindenden Schnur. Gewöhnlich ist die erhitzte Theilungslinie durch Berühren mit einem nassen Gegenstand, feuchtem Finger, erst zum Reissen zu bringen. — Für Trennung nach ausgedehnteren Linien, namentlich gerader Flächen (Tafel-, Spiegelglas) mit unzersplitterten Rändern, ist der Diamant das einzige unschätzbare Hülfsmittel.

Bei der ausnehmenden Sprödigkeit des Glases sind Werkzeuge mit Hebelwirkung, bei deren Anwendung ein Biegen der in Angriff genommenen Theile stattfindet, von beschränkter Anwendung. Ein wichtiges Werkzeug der Art ist immerhin das bekannte „*Grösseleisen*“ *) mit einem seichten Einschnitt, der immer nur über einen sehr schmalen Theil des Glasrandes greift und diesen ausbricht. Ebenso braucht man grobe Raspeln, mit denen man, wie bei dem Feuerschlagen mit dem Stahl, aber unter spitzem Winkel an der Kante des Glases herabfährt, wo dann die Zähne wie das Grösseleisen wirken. Beide sind selbstverständlich nicht zum Trennen eines Glasgegenstandes in grössere Theile, sondern nur zum Zurichten buchtiger, unregelmässiger Ränder zu brauchen. Auch die zugerichteten Ränder sind stets unsauber, das Zurichten stets mit grosser Gefahr des Ausspringens verbunden. Es ist eine alte Erfahrung, dass der Angriff der verschiedenen Werkzeuge auf Stahl durch Benetzen mit gewissen Flüssig-

*) Auf der böhmischen Hütte und in Baiern „*Bröseleisen*“, von Brösel = Krumen, beim Brod zum Beispiel.

keiten ungemein an Wirksamkeit und Sicherheit gewinnt. So ist das Bohren des Glases mit Stahlsticheln ohne Benetzen mit Terpentinöl kaum durchführbar, mit diesem verhältnissmässig leicht. Ganz so wirkt Terpentinöl bei dem Angriff der Feile, so dass die Ränder ungleich sauberer und schärfer werden. In auffallendem Grade thut dies auch verdünnte Schwefelsäure; man soll auf diese Art Glas auf Dreh-, Bohr- und Hobelmaschinen fast wie Eisen mit Stahlwerkzeugen bearbeiten, Gewinde daran schneiden können u. s. w. Immerhin ist eine verdünnte Säure mit der Anwendung von Stahl nicht gut vereinbar.

Hierher gehört endlich eine alte, bekannte, als Kunststück vererbte Erfahrung, dass sich Glastafeln, tief unter Wasser getaucht, mit einer gewöhnlichen Scheere schneiden lassen. Die Sache steht soweit richtig, aber der Schnitt ist immer noch sehr unsicher und fällt sehr rauh und zackig aus. Man hat übrigens eigens für solche Zwecke bestimmte besondere Scheeren von sehr hartem Stahl; sie zeichnen sich vor den gewöhnlichen Scheeren dadurch aus, dass die die Schneiden bildenden Kanten in einem Winkel von nur 45° (statt etwa 90° wie gewöhnlich) zusammenlaufen. Sie sollen zum Abrunden von Glasscheiben und Beschneiden, wo es nicht auf geradlinige Ränder ankommt, brauchbar sein (Karmarsch).

Anhang.

Die Smalte.

Ursprung. Die ausgezeichnete und reiche blaue Farbe, welche die Kobaltverbindungen dem Glase ertheilen, ist der Ausgangspunkt zur hüttenmässigen Gewinnung eines Farbenkörpers, der sonst in Menge zum Bläuen der Wäsche, des Papiers, als Anstrichfarbe gebraucht, unter dem Namen „*Smalte*“ *) bekannt ist. Diese Farbe ist zu Mehl gemahlenes Glas aus Kobaltoxyd, Kali und Kieselerde, sie bildet die einzige metallurgische Ausbeutung der Kobalterze auf den „*Blaufarbenwerken*“. Die Smalte soll in der Mitte des XVI. Jahrhunderts zuerst in Böhmen aufgekommen und angeblich von einem gewissen Chr. Schürer erfunden sein. Seit der Entdeckung der künstlichen Darstellung von Ultramarin und dessen fabrikmässigem Betrieb

*) Smalte, latinisirt vom deutschen Schmelz, was bei Kunkel noch allgemein jeden Glasfluss als Grundlage zu farbigem Glase bedeutet.

sind die Blaufarbenwerke an den meisten Orten eingegangen und die Smalte aus ihrer frühern Bedeutung fast ganz verdrängt worden.

Die häufigsten und vornehmsten Kobalterze sind der „*Speisskobalt*" und der „*Glanzkobalt*", seltener treten die „*Erdkobalte*" auf. Der Speisskobalt ist Arsenkobalt im reinen Zustande mit 28,2 Procent Kobalt und 71,8 Proc. Arsen; sehr gewöhnlich ist der Kobalt darin durch mehr oder weniger Eisen vertreten und bricht ausserdem mit Arseniknickel, mit Schwefel- und Kupferkies, Fahlerzen, Wismuth, dann Kalk- und Schwerspath, Spatheisenstein, Gyps, Quarz u. s. w. Der Glanzkobalt ist Arsenikkobalt mit Schwefelarsen; das reine Mineral enthält 35,5 Procent Kobalt neben 45,2 Proc. Arsen und 19,3 Schwefel. Er ist das reichste und insofern auch das beste Kobalterz, als er mit weniger störenden Beimengungen bricht, nemlich Kupfer- und Schwefelkies, Hornblende, Diabas, Kalkspath, Quarz, Thonschiefer. — Als natürliche abgeleitete Bildungen der genannten Kobalterze, namentlich des Speisskobaltes, finden sich Oxydationsprodukte derselben, nemlich Verbindungen der arsenigen und Arsensäure mit Kobalt, Nickel, Eisen, die sogenannten Erdkobalte. Bei vorwiegendem Kobaltgehalt sind sie rothblüthige oder „*Kobaltblüthe*", bei vorwiegendem Nickel die grünen Erdkobalte. Eine dritte Art, die schwarzen Erdkobalte, ist ein Gemenge von Kobalt- mit Nickel-, Eisen- und Manganoxyden; sie ist die geringwerthigste. Die Kobalterze.

Die Kobalterze, wie sie aus den Gruben eingeliefert werden, sind stets weit ärmer als die reinen Verbindungen; die Speisskobalte enthalten höchstens 14 bis 20 Procent, Glanzkobalte 23 bis 33 Procent Kobalt. Sie werden zunächst durch Handscheidung, dann durch nasse Aufbereitung so viel als möglich von den Beimengungen befreit. Natürlich gelingt dies nur für diejenigen Beimengungen, deren specifisches Gewicht wesentlich verschieden ist von denen der Kobalterze selbst. Die Erdkobalte geben nur blasse Smalten, die Speiss- und Glanzkobalte sattere Farben, bedürfen aber einer vorausgehenden Röstung.

Die Röstung, ein Glühen der zerkleinerten Erze unter Luftzutritt und starkem Umrühren im Flammofen, hat den Zweck, dieselben bis auf einen gewissen Grad zu oxydiren. Dabei entweicht Arsenik und Schwefel als arsenige und schweflige Säure, während ein entsprechender Antheil Sauerstoff eintritt. Bei dem darauf folgenden Schmelzen mit Quarz und Potasche geht der Hauptsache nach der Kobalt mit diesem Sauerstoff als Oxyd in das Glas, während der Nickel mit dem noch übrigen Arsenik verbunden sich als sogenannte „*Speisse*" abscheidet. Die übrigen mehr oder weniger noch vorhandenen Metalle folgen, je nach ihrer Verwandtschaft, theils dem Kobalt, theils dem Nickel. In besonderen mit den Röstöfen verbundenen Kammern sammelt sich der grösste Theil der arsenigen Säure als „*Giftmehl*". Es handelt sich wesentlich darum, dass die gerösteten Erze Sauerstoff und Arsen im richtigen Verhältniss enthalten. Man setzt daher häufig nach dem Rösten wieder einen Theil des Giftmehls zu, um Ueberschreitungen wieder gut zu machen. — Manche zu leicht sinternde Das Rösten.

Erze, namentlich sehr kupfer- und nickelhaltige Speisskobalte, unterwirft man zur Unterstützung der Röstung einige Monate lang einer Verwitterung auf Bühnen; sie halten dann dem bei der Röstung nothwendigen Hitzgrade besser Stand.

Ausser den eigentlichen Erzen setzt man noch verschiedene kobalthaltige Abfälle beim Schmelzen zu: so Heerdglas, Ofenbrüche, speissehaltiges Glas und Abfälle vom Mahlen und Schlemmen der Smalte. Dazu gehören auch kobalthaltige Speissen, theils durch Ausschmelzen der Kobalterze, theils als Nebenprodukte von Hüttenprocessen und den Smaltewerken selbst erhalten; diese Speissen, deren Kobaltgehalt von 2 bis 20 Procent, selbst 40 Procent und darüber wechselt, müssen natürlich eben so geröstet werden, wie die Erze.

Das Kobalterz nebst den zuletzt genannten Produkten, nach der Röstung wieder zerkleinert und gesiebt, ist nun zum Behuf des Schmelzens mit den Flussmitteln — gemahlenem Quarz oder Sand nebst Potasche — zu versetzen.

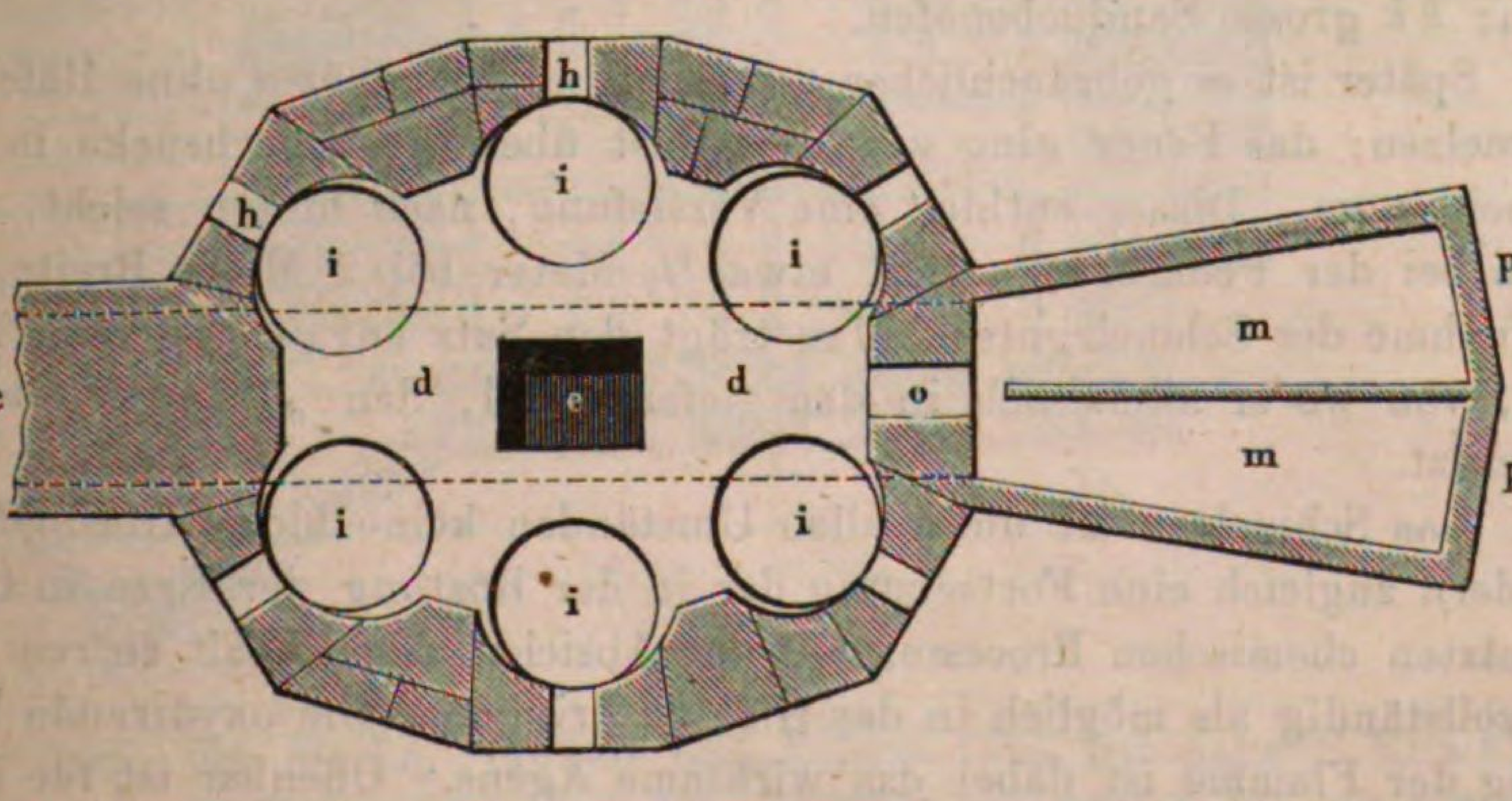
Der Satz. Das Mischen des Erzes, Quarzes und der Potasche zu dem sogenannten Gemenge, dem Glassatze, geschieht einfach aber mit Sorgfalt in hölzernen Kasten, gewöhnlich unter Zusatz von weissem Arsenik, der wegen des Eisengehaltes nothwendig ist, als „Giftmehl“ aus den Giftfängen; dabei wird ein kleiner Antheil Kobaltoxyd wieder gewonnen, den der Zug dahin mitgerissen. — Die Höhe oder Tiefe des Farbentons der Smalte hängt natürlich, gleiche Mengen Sand und Potasche vorausgesetzt, von der Menge des Kobaltoxyds im Satze, mithin von der Menge des gerösteten Schliechs und seiner Güte ab. Diese oder die Färbekraft des Schliechs beruht nicht allein auf seinem Kobaltgehalt, mit welchem die Tiefe wächst, sondern auch auf der Anwesenheit und Menge derjenigen Bestandtheile, welche, wie Kalk und Thonerde, in das Glas eingehen und die blaue Farbe verdünnen. Auf der andern Seite sind in den Künsten eine Unzahl von Abstufungen im Farbenton zu verschiedenen Zwecken gebräuchlich. Man begreift daher leicht die Schwierigkeit der Anforderungen, denen der Hüttenmann entsprechen muss, insofern es sich darum handelt, durchaus nicht blaues Glas überhaupt, sondern solches Glas von ganz bestimmten Farbentönen zu erzeugen, wozu ganz bestimmte Mischungsverhältnisse gehören. Diese sind wegen der von Röstung zu Röstung wechselnden Beschaffenheit der Erze nur immer für den einzelnen Fall gültig. Da man nun in den Blaufarbenwerken immer einen bestimmten Zusatz von Potasche — nämlich $^1/_3$ von dem Gesammtgewichte des Erzes und Sandes — festhält, so bleibt also nur noch das Verhältniss des Sandes zum Erz zu ermitteln. Zu diesem Zwecke dienen fortlaufende Proben und zwar doppelter Art. Die einen nemlich belehren den Werkmeister, wie weit man die Röstung des Erzes treiben muss, um mit einem und demselben Zuschlag das tiefste Blau, d. i. die höchste Güte des Schlieches zu erzielen. Die anderen geben ihm an die Hand, wieviel Sand und Potasche einem gegebenen Schliech einverleibt

werden muss, um einen bestimmten Farbenton des blauen Glases zu erhalten. Auf diese Art ist man in Stand gesetzt, eine beliebige Anzahl bestimmter Farbenstufen (es sind gewöhnlich drei) mit Sicherheit vorräthig zu erzeugen, woraus dann jeder verlangte Ton gemischt werden kann. Dazu gehört eine vollständige Musterkarte aller Farbenstufen, welche sich durch Mischen aus jenen erzeugen lassen, und eine ähnliche Mustersammlung aller im Handel gebräuchlichen Töne. — Da nur durch genaues Einhalten der vorgeschriebenen Gewichtsmengen die gewünschte Farbe erfolgen kann, so werden die Bestandtheile des Satzes nie hinzugemessen, sondern gewogen und zwar in trocknem Zustande. Weniger genau kommt es bei dem Zusatz des Arseniks (Giftmehls) darauf an, weil die Verflüchtigung das Ueberflüssige mit wegnimmt; man setzt Giftmehl bis zur gleichen Quantität des Erzes zu.

In vielen Fällen sind Zusätze zur Verbesserung der Farbe wie bei dem gewöhnlichen Glase nothwendig, dahin gehört das bereits erwähnte Giftmehl und Braunstein, beide hauptsächlich in dem Sinn, das Eisen in den Zustand von Oxyd zu bringen. Umgekehrt kann Zusatz von Reductionsmitteln, gewöhnlich Kohlenpulver, erforderlich sein, um Beimengungen in die Speisse niederzuschlagen.

Insofern es sich bei dem Schmelzen um Erzeugung eines kobalthaltigen Glases handelt, hat man anfangs und lange Zeit auch nur Glasöfen dazu angewendet, die sich von den gewöhnlichen in nichts wesentlichem unterscheiden, ausser in Bezug auf die Häfen, in welchen zweierlei Produkte entstehen, obenauf das blaue Glas, unten die „Speisse“ von metallischem Ansehen. Die Häfen sind daher mit einem Loch über dem Boden zum Ablassen der Speisse versehen, welches während der Schmelzung Schmelzen und Oefen.

Fig. 147.



geschlossen ist. Wie bei dem Glase überhaupt, so hat man auch in den Blaufarbenwerken runde und viereckige Oefen, jene kleiner, diese grösser. Fig. 147 u. 148 (a. f. S.) ist ein runder sächsisch böhmischer Ofen mit sechs Häfen *i, i, i*... Auf dem als Rost dienenden durchbrochenen Gewölbe *a* liegt

Schmelzen und Oefen.

der Brennstoff (Holz); *b* ist die Tonne, *e* die Oeffnung derselben nach dem Schmelzraum, *l* das Gewölbe desselben mit den Arbeitsöffnungen *f* und den Kranzsteinen *k*; *d* die Bank; *g* die Brustmauer; *h* das dem Zapfloch der Häfen entsprechende Speiseloch; *n* ist die Thonpfanne zur Aufnahme der Speisse. Die beiden Nebenöfen *mp*, *mp* dienen zum Ausglühen von Sand u. s. w.; sie empfangen ihr Feuer durch den Fuchs *o* aus dem Hauptofen. Das Feuer wird nur von einer Seite und zwar von *c* aus geschürt. —

Fig. 148.

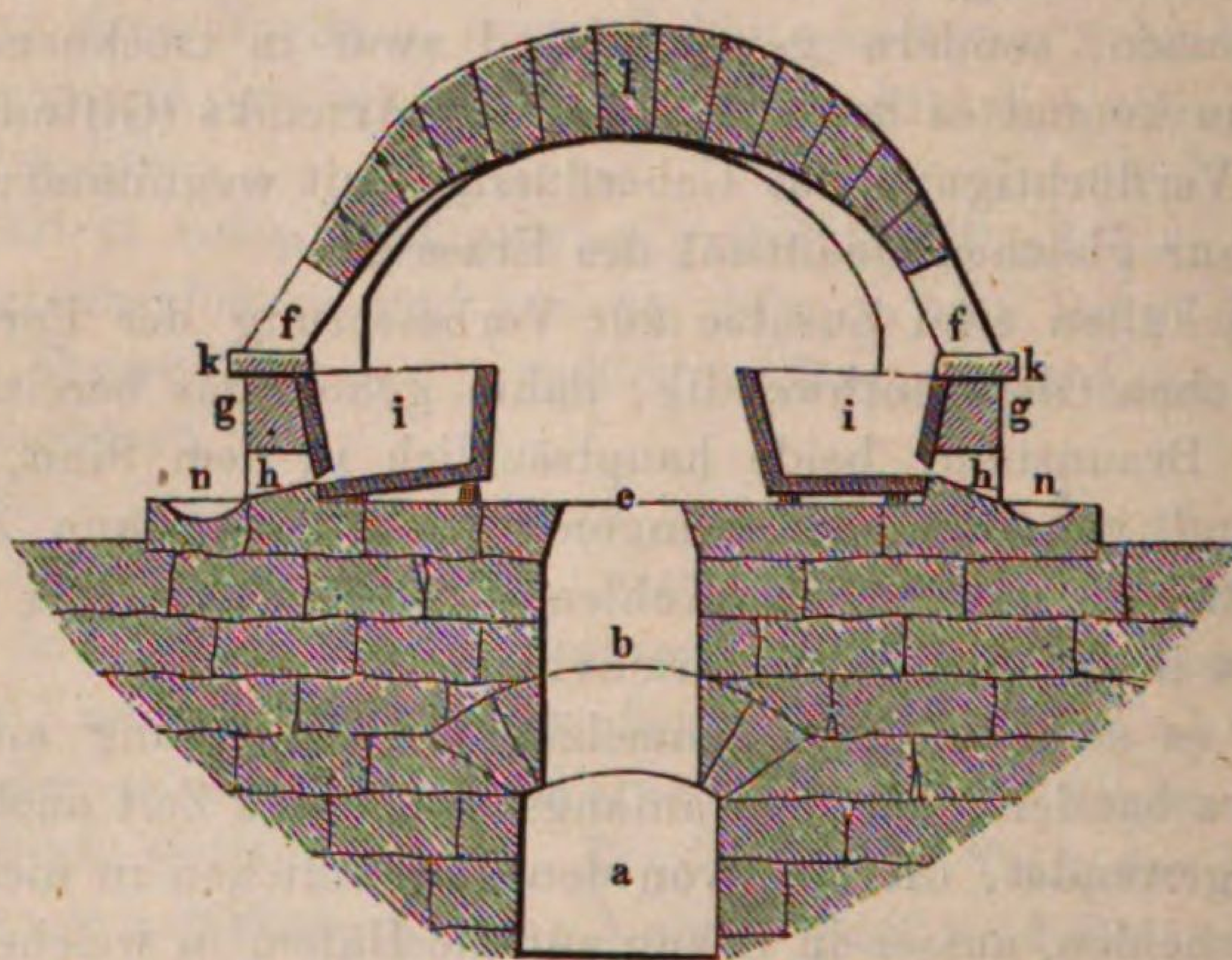


Fig. 149 ist der Querschnitt eines viereckigen Ofens mit acht viereckigen Häfen, wie im Harz, Hessen und Thüringen üblich; *f* die Häfen; *c*, *c* zwei Schüren von beiden Seiten; *g* die Speiselöcher; *i* kleiner Probirofen; *k k* grosse Sandnebenöfen.

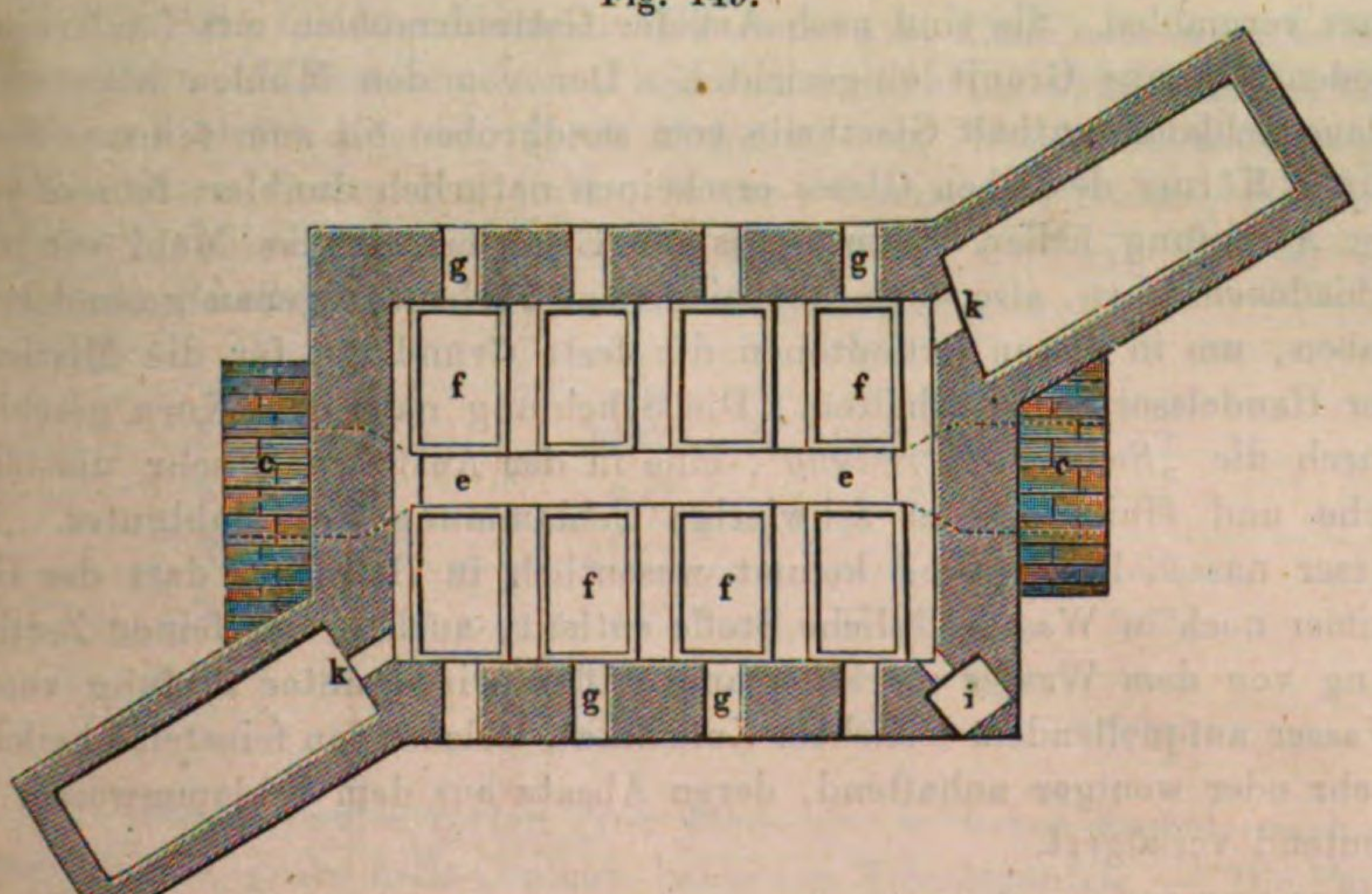
Später ist es gebräuchlicher geworden, in Flammöfen ohne Häfen zu schmelzen: das Feuer ging von dem Rost über die Feuerbrücke in den Arbeitsraum. Dieser enthielt eine Vertiefung, nach hinten seicht, nach vorn bei der Feuerbrücke tief, etwa $^1/_3$ Meter bei 2 Meter Breite, zur Aufnahme des Schmelzgutes. Man trägt den Satz auf den seichten Theil auf, von wo er allmählich in den tiefen Theil, den „*Tümpel*", herabschmilzt.

Das Schmelzen ist unter allen Umständen keine blosse Glasbildung, sondern zugleich eine Fortsetzung der in der Röstung der Erze in Gang gesetzten chemischen Processe, mit der Absicht, den Kobalt so rein und so vollständig als möglich in das Glas zu bringen. Die oxydirende Wirkung der Flamme ist dabei das wirksame Agens. Offenbar ist für diese Wirkung der Flamme das Schmelzen in Häfen die am wenigsten günstige Form, weil die Oberfläche des Schmelzgutes sehr klein und der Flamme zu sehr entrückt ist. Ungleich geeigneter ist die Behandlung im Flammofen, wo das Schmelzgut auf der seichten Sohle mit ausgedehnter Oberfläche und auf grössere Dauer der Flamme geboten ist. Die anfangs

unvermeidlich sich bildende kobalthaltige Speisse wird unter dem Einfluss der Oxydationsflamme fortwährend umgewandelt, und zwar der Arsenik-Kobalt zu arsensaurem Kobalt, indem er sich mit der Potasche zu arsensaurem Kali und Kobaltoxyd umsetzt, welches letztere in das Glas übergeht. So lange Arsenik-Kobalt vorhanden, schützt dieser den Arsenik-Nickel vor Oxydation und verhindert so die Aufnahme von Nickel durch das Glas. Immer, in Häfen wie im Flammofen, verbleibt ein Theil des Kobaltes in der Speisse. — Die an das Kali übergehende Arsensäure wird natürlich von der Kieselsäure bis auf einen kleinen Rest wieder ausgetrieben, bei Zusatz von Kohle als arsenige Säure verflüchtigt. Schmelzen und Oefen.

Das Schmelzgut muss während der Arbeit mehrmals umgebrochen und aufgerührt werden, namentlich in den Häfen, zuletzt aber eine Stunde ruhig stehen, damit Glas und Speisse sich gehörig von einander sondern. Dies ist jedoch nicht vollkommen zu erreichen und bleiben stets Speisstropfen dem Glase beigemengt. Die Schmelzung erfordert 5 bis 8 Stunden Zeit, wobei der Eintrag 16 bis 20 Procent seines Gewichtes verliert. — Die Oefen mit Häfen wie Fig. 147 und 148, mit 64 Kilogr. Beschickung in jedem Hafen, liefern täglich 1000 Kilogr. Glas mit 7 Kubikmeter Tannenholz; die Oefen wie Fig. 149, aber mit 10 Häfen, wie in Schwarzenfels (Kurhessen) bei 35 bis 60 Kilogr. Hafenbeschickung je nach

Fig. 149.



der Tiefe der Farbe, täglich 635 Kilogr. Glas bei nahe 8 Kubikmeter Holz; Flammöfen endlich 925 Kilogr. Glas bei $7^1/_4$ Kubikmeter Tannen- oder Buchenholz.

Nach beendigter Schmelzung schöpft man das Glas mit Löffeln aus in Bottiche mit zufliessendem kaltem Wasser, um es für das Mahlen mürbe zu machen. Die Speisse zapft man zuletzt in Tiegel ab. Hat Ausschöpfen.

sich Glasgalle gebildet, so ist diese vorweg abzufeimen, weil sie beim Schrenzen in Wasser Explosionen verursacht. Das Abschrenzwasser nimmt einen Antheil löslicher Kalisalze auf, Chlorkalium, arsen- und arsenigsaures, schwefelsaures aber auch etwas kieselsaures Kali (Wasserglas?), im Ganzen etwa 0,5 pro mille des blauen Glases.

Zerkleinern. Das geschrenzte blaue Glas kommt zunächst auf ein Walzwerk, als Vorbereitung, zur Abscheidung der eingeschlossenen Speisse. Diese Abscheidung wird wesentlich dadurch gefördert, dass die fest und zähe bleibenden Speissekörner widerstehen, ganz bleiben und sich gleichsam aus dem spröden leicht zu zerknirschenden Glase losschälen. Das Walzwerk soll seine Wirkung nicht weiter als bis zu diesem Punkt erstrecken und namentlich möglichst wenig Staub bilden, doch ist dies nicht ganz (man rechnet gegen 2 Procent) zu verhindern. Durch Sieben und Verwaschen des geknirschten Glases scheidet man die schwereren Speissekörner von dem leichtern Glase; das Glas enthält vor der Scheidung $^1/_3$ bis $1^1/_2$ Procent Speisse, von welchem Betrag etwa $^4/_5$ entfernt werden, und $^1/_5$ im Glase verbleibt. Man erhält aber meist noch sogenanntes „*Speisseglas*", d. h. die noch speissehaltigen Glastheile als ein Mittelprodukt, welches dann für sich nochmals zu verarbeiten ist.

Mahlen. Das möglichst von Speisse befreite Glas wird auf den „*Farbmühlen*" nass vermahlen. Sie sind nach Art der Getreidemühlen mit Läufern und Bodenstein aus Granit eingerichtet. Der von den Mühlen abgelassene blaue Schlamm enthält Glastheile vom sandgroben bis zum feinsten Korn. Grobe Körner desselben Glases erscheinen natürlich dunkler, feinere nach der Abstufung heller. Nun ist es ein Erforderniss, das Mehl von verschiedenem Korn, also auch verschiedenem Farbenton genau gesondert zu haben, um in diesen Grundtönen die feste Grundlage für die Mischung der Handelssorten zu erhalten. Die Scheidung nach dem Korn geschieht durch die „*Smalteaufbereitung*", eine in der Ausführung sehr umständliche und einigermassen schwierige Schlämmung des Mahlgutes. Bei dieser nassen Behandlung kommt wesentlich in Betracht, dass das Glas immer noch in Wasser lösliche Stoffe enthält, auch in der feinen Zertheilung von dem Wasser merklich angegriffen wird, unter Bildung von in Wasser aufquellendem löslichem Kalisilikat, welches den feinsten Theilchen mehr oder weniger anhaftend, deren Absatz aus dem Schlammwasser bedeutend verzögert.

Schlemmen. Die Schlemmarbeit liefert zunächst das gröbste noch nicht verwendbare Korn, welches zur Mühle zurückgeht und „*Streublau*" heisst, insofern einiges als Streusand verkauft zu werden pflegte. Die unterste Schicht des Streublaus enthält viel Speisstheile und fällt einer besondern Arbeit (nach Art der Aufbereitung von Erzen auf dem Heerd) zur Scheidung der Speisse anheim. Die vom Streublau abgegangenen Schlämme lassen in zweiter Linie nach etwa einstündiger Ruhe die „*Couleur*", und die von der Couleur kommenden Schlämme nach vier Wochen den

„*Abzapf-Eschel*“ *) fallen. Die Couleur bildet einen so festen Bodensatz, dass man sie oft mit der Axt aufhauen muss. Diese, wie in der Regel die Eschel, unterliegen weiterer Aufbereitung jedes für sich. Die Couleur liefert einerseits noch etwas Streublau, dann die reinere Couleur, die in drei oder vier Sorten verschlemmt fertige Smalte und wiederum etwas Eschel abgiebt. Das Schlemmwasser vom Scheiden der Couleur in die Sorten erscheint noch blau und zwar von „*todtgemahlenem*“ Eschel, d. h. den feinsten Theilen, die sich nicht mehr absetzen (3 bis 4 Procent des Glases vor dem Mahlen), und enthält lösliche Kalisalze (1,5 Procent des Glases). Die verschiedenen Eschel, soweit sie zu Smalten reinerer Farbe bestimmt sind, müssen ebenfalls nachgeschlemmt werden. Sie führen verschiedene Unreinigkeiten, wie Holzfasern von der Mühle und andern Schmutz, dann Oxyde und zermahlene Speisse, die sich in dem Eschelabsatz merkwürdiger Weise nicht gleichmässig eingemengt, sondern in Nestern vorfindet, endlich arsensaure Salze. Die obere und untere Schicht mit diesen Beimengungen werden gesondert und mit den übrigen Sumpfabfällen aufgearbeitet. Von 100 Kilogr. Glas rechnet man an Smalten der verschiedenen Sorten etwa 89 Proc.; von den 11 Proc. Verlust kommen 5 bis 6 auf todtgemahlene Eschel, 2 bis 3 auf vom Wasser ausgezogene lösliche Stoffe und der Rest auf Verzettlung.

Das Korn wechselt von 1 bis 3 Millimeter des Streublaus bis 0,02 Millimeter der feinsten Escheln. Die Smalte ist mehr oder weniger rein Himmelblau, die besseren Sorten mit einem Stich ins Grüne, die schlechteren ins Violette, letzteres durch Nickel u. s. w. Neben den drei Hauptgemengtheilen finden sich Kalk-, Bitter-, Thonerde-, Eisen-, Mangan-, Nickeloxyde, kohlen- und arsensaure Salze vor. Ludwig fand in verschiedenen Smalten: Chemischer Bestand.

	a.	b.	c.
Kieselerde	70,86	66,20	72,12
Kobaltoxyd	6,49	6,57	1,95
Kali (Natron)	21,41	16,31	20,04
Rest	1,24	10,92	5,89
	100,00	100,00	100,00

a. Höhere Couleursorten (von Modum); b. hoher Eschel (reich an Thonerde); c. grobe helle Couleur, beide von Schwarzenfels. — Die Farbe des kieselsauren Kobalts ist hellblau stark ins Rothe gehend und weit verschieden, namentlich in der Tiefe, von dem Blau des Kali-Kobaltglases. Dem in der Smalte enthaltenen kieselsauren Kali verdankt die Smalte die Eigenschaft, etwas Wasser anzuziehen und sich zu ballen, was man herkömmlicher Weise im Handel verlangt.

*) „Eschel“, angeblich von „Asche“ abgeleitet.

Die übliche Bezeichnung der Smalten geht theils auf das Korn des Musters, theils auf den Ton der Farbe. Nach dem Korn unterscheidet man, und zwar vom Streublau an gerechnet H, B, C*f* oder *C*, E; nach der Tiefe des Tons O (ordinär) M (mittel) und F (fein). *F* z. B., *FF* oder *FFF* bezeichnen einen zwei- oder dreimal so tiefen Ton, also sehr hohen Gehalt an Kobalt. Beiderlei Bezeichnungen, die für das Korn und die für den Ton, erscheinen in Verbindung wie *FCB* oder *OE.* —

Die Speisse. Die Speissen, mit jeder Beschickung wechselnd, enthalten von Spuren bis 3 Proc. Kobalt, 56 bis 59 Proc. Nickel, 38 bis 50 Proc. Arsen und 2 bis 3 Proc. Schwefel, dann kleine Antheile Eisen, Antimon, Kupfer, Wismuth, Silber u. a. m.

Verzeichniss neuerer Werke

aus dem Verlage von

FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN

in Braunschweig.

2.

Chemie und Pharmacie.

☞ Die hier aufgeführten Werke sind durch jede Buchhandlung zu beziehen.

Andriessen, Dr. Adolph, Lehrbuch der unorganischen Chemie für Schulen. Mit 109 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Ballo, Prof. M., Das Naphtalin und seine Derivate in Beziehung auf Technik und Wissenschaft. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Baumhauer, Dr. Heinr., Die Beziehungen zwischen dem Atomgewichte und der Natur der chemischen Elemente. Mit einer Tafel. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 10 Sgr.

Blum, Wilhelm, Natürliche und künstliche Mineralwasser. Mit 17 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Bolley, Prof. Dr. P., Handbuch der chemischen Technologie. In Verbindung mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet. Acht Bände, die meisten in mehre Gruppen zerfallend. Mit Kupfertafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erschienen sind:

1. — Ersten Bandes erste Gruppe: Die chemische Technologie des Wassers. Vom Herausgeber. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 24 Sgr.
2. — Ersten Bandes zweite Gruppe: Das Beleuchtungswesen. In zwei Abtheilungen. Vom Herausgeber und Dr. G. Wiedemann, Professor am Polytechnicum zu Karlsruhe. Mit Kupfertafeln und 231 in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Abtheilung. Preis 1 Thlr.
3. — Zweite Abtheilung. Preis 1 Thlr.
4. — Zweiten Bandes erste Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.
5. — Zweiten Bandes zweite Gruppe: Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Von Dr. Hugo Fleck. Mit 46 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.
6. — Dritten Bandes erste Gruppe: Die Glasfabrikation. Von Prof. W. Stein. Mit 233 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.
7. — Vierten Bandes erste Gruppe: Die Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit 135 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.
8. — Vierten Bandes dritte Gruppe: Der Weinbau und die Weinbereitungs-

kunde sowie die Bereitung des Obstweins und Krauts. Von Dr. Fr. Mohr. Mit 39 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 25 Sgr.

9. — Siebenter Band: Die Metallurgie. Von Dr. C. Stölzel. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung: Allgemeiner Theil. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

10. — Zweite Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Roheisen und Stabeisen. Preis 1 Thlr.

11. — Fünfter Band: Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Erste Lieferung: Die Spinnfasern und die im Pflanzen- und Thierkörper vorkommenden Farbstoffe. Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

12. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.

13. — Sechsten Bandes zweite Gruppe: Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica. Von Dr. C. Deite. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

14. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 1 Thlr.

15. — Siebenter Band: Die Metallurgie. Von Dr. E. Stölzel. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Stahl. Preis 20 Sgr.

16. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung (Schluss). Preis 1 Thlr. 5 Sgr.

17. — Zweiten Bandes erste Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 2 Thlr.

18. — Fünfter Band: Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Zweite Lieferung: Die künstlich erzeugten organischen Farbstoffe. Der Theer: die aus Phenol und Benzol hervorgehenden Farbsubstanzen. Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

19. — Sechsten Bandes dritte Gruppe: Das Schiesspulver, die Zündhütchen- und Zündwaaren-Fabrikation. Dritte Abtheilung: Die Zündwaaren-Fabrikation. Von Wladimir Jettel. Preis 20 Sgr.

Bunsen, Robert, Gasometrische Methoden. Mit 60 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Bunsen, Robert, Tabellen zur Berechnung gasometrischer Analysen. Besonderer Abdruck aus „Bunsen's gasometrischen Methoden". Zum Gebrauche in den Laboratorien. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Fresenius, Prof. Dr. R. C., Anleitung zur quantitativen chemischen Analyse, oder die Lehre von der Gewichtsbestimmung und Scheidung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen. Für Anfänger und Geübtere bearbeitet. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Fünfte sehr vermehrte und verbesserte Auflage. Vierter Abdruck. gr. 8. geh. Preis 5 Thlr.

Fresenius, Prof. Dr. R. C., Anleitung zur qualitativen chemischen Analyse, oder die Lehre von den Operationen, von den Reagentien und von dem Verhalten der bekannten Körper zu Reagentien, sowie systematisches Verfahren zur Auffindung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen. Für Anfänger und Geübtere bearbeitet. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen, einer farbigen Stahlstichtafel und einem Vorwort von Justus v. Liebig. Dreizehnte neu bearbeitete und verbesserte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Complet in 3 Abtheilungen. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Gorup-Besanez, Prof. Dr. E. F. von, Lehrbuch der Chemie für den Unterricht auf Universitäten, technischen Lehranstalten und für das Selbststudium. In drei Bänden. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erster Band: Anorganische Chemie. Vierte, mit besonderer Berücksichtigung der neueren Theorien vollständig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. Preis 3 Thlr.

Zweiter Band: Organische Chemie. Dritte, vollständig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.
Vollständig in vier Lieferungen. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.

Dritter Band: Physiologische Chemie. Zweite vollständig umgearbeitete und vermehrte Auflage. Mit einer Spectraltafel und drei Tafeln in Holzstich, den Respirations-Apparat darstellend. Preis 4 Thlr.

Gorup-Besanez, Prof. Dr. E. F. v., Anleitung zur qualitativen und quantitativen zoochemischen Analyse. Für Mediciner, Pharmaceuten, Landwirthe und Chemiker, zum Gebrauche im Laboratorium und zum Selbstunterrichte bearbeitet. Dritte vollständig umgearbeitete und verbesserte Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und zwei Spectraltafeln. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 3 Thlr. 20 Sgr.

Gorup-Besanez, Prof. Dr. E. F. von, Tafeln zur Erläuterung der Typentheorie und der Ableitung der typischen Formeln organischer Verbindungen von den Typen. Mit erklärendem Text. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Gottlieb, D. J., Lehrbuch der reinen und angewandten Chemie. Zum Gebrauche an Real- und Gewerbeschulen, Lyceen, Gymnasien etc. und zum Selbstunterricht. Dritte verbesserte Auflage. Mit 255 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 12 Sgr.

Handwörterbuch der reinen und angewandten Chemie. Begründet von Dr. J. v. Liebig, Dr. J. C. Poggendorff und Dr. Fr. Wöhler. Erster und zweiter Band. Zweite Auflage, die Buchstaben A bis E enthaltend, bearbeitet in Verbindung mit mehren Gelehrten. Redigirt von Dr. Hermann v. Fehling. In Lieferungen von 8 Bogen. Erster Band complet (in 8 Liefrgn.); zweiten Bandes 1. Abtheilung (in 9 Lieferungen); zweiten Bandes 2. Abtheilung (in 10 Lieferungen); zweiten Bandes 3. Abtheilung (in 9 Lieferungen). Die neue Auflage der ersten beiden Bände ist hiermit vollständig erschienen.

Desselben Werkes dritter bis sechster Band. Die Buchstaben F bis S enthaltend. In 25 Lieferungen. Redigirt von Dr. Hermann Kolbe. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Desselben Werkes siebenter bis neunter Band, redigirt von Dr. Herm. v. Fehling und Dr. H. Kolbe (Bd. VII complet in 8 Lieferungen, Bd. VIII complet in 9 Lieferungen; Bd. IX complet in 10 Lieferungen. Schluss des Werkes).
Preis jeder Lfrg. 20 Sgr.
Herabgesetzter Preis für das complete Werk 30 Thlr.

Häring, A., Repetitorium zu Stöckhardt's Schule der Chemie. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Hasselt, Prof. Dr. A. W. M. van, Handbuch der Giftlehre für Chemiker, Aerzte, Apotheker und Gerichtspersonen. Aus dem Holländischen nach der zweiten Auflage frei bearbeitet und mit Zusätzen versehen von Prof. Dr. J. B. Henkel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. In zwei Theilen.

Erster Theil: Allgemeine Giftlehre und die Gifte des Pflanzenreichs. Preis 2 Thlr. 12 Sgr.

Zweiter Theil: Die Thiergifte und die Mineralgifte. Preis 1 Thlr. 18 Sgr.

Hofmann, Aug. Wilh., Einleitung in die moderne Chemie. Nach einer Reihe von Vorträgen gehalten in dem Royal College of Chemistry zu London. Vierte umgearbeitete Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Knapp, Prof. Dr. F., Lehrbuch der chemischen Technologie, zum Unterricht und Selbststudium bearbeitet. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. In drei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erster Band. Preis 7 Thlr.

Knapp, Prof. Dr. F., Die Nahrungsmittel in ihren chemischen und technischen Beziehungen. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Kolbe, Prof. Dr. Hermann, Ausführliches Lehrbuch der organischen Chemie. In drei Bänden. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zugleich als dritter bis fünfter Band zu Graham-Otto's ausführlichem Lehrbuch der Chemie. Bd. III., zweite Abtheilung, bearbeitet von Dr. H. v. Fehling.

Erschienen ist:

Band I. compl. in 11 Lfgrn.
Band II. compl. in 10 Lfgrn.
Band III. Zweite Abthlg. compl. in 7 Lfgrn.

Preis à Lfrng. 15 Sgr.

Die erste Abthlg. (der Schluss) befindet sich unter der Presse.

Kolbe, Prof. Dr. Hermann, Das chemische Laboratorium der Universität Marburg und die seit 1859 darin ausgeführten chemischen Untersuchungen nebst Ansichten und Erfahrungen über die Methode des chemischen Unterrichts. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 10 Sgr.

Kolbe, Prof. Dr. Hermann, Ueber die chemische Constitution der organischen Kohlenwasserstoffe. Vortrag nebst Eröffnungsrede, gehalten bei Einweihung des neuen chemischen Laboratoriums der Universität Leipzig am 16. Nov. 1868. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Kopp, Dr. H., Einleitung in die Krystallographie und in die krystallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen. Zweite Auflage. Mit einem Atlas von 22 Kupfertafeln und 7 lithographirten Tafeln, Netze zu Krystallmodellen enthaltend. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Preis für den Atlas von 22 Kupfertafeln und 7 lithographirten Tafeln mit Netzen aparte, quer 4. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Kopp, Dr. H., Sechs Tafeln mit Netzen zu Krystallmodellen zu der Einleitung in die Krystallographie und in die krystallographische Kenntniss der wichtigeren Substanzen. Dritte Auflage. quer 4. Fein Velinpapier. geh. Preis 10 Sgr.

Kopp, Dr. H., Geschichte der Chemie. In vier Bänden. gr. 8. Preis complet 9 Thlr. 15 Sgr.

Kopp, Dr. H., Beiträge zur Geschichte der Chemie. Mit einer Tafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erstes Stück. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.
Zweites Stück. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.

Kopp, Dr. H., Bemerkungen zur Volumtheorie. Mit specieller Beziehung auf Herrn Prof. Schröder's Schrift: Die Molecularvolume der chemischen Verbindungen. gr. 8. geh. Preis 25 Sgr

Kopp, Dr. H., Sonst und Jetzt in der Chemie. Ein populär-wissenschaftlicher Vortrag. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Kubel, Dr. W., Anleitung zur Untersuchung von Wasser, welches zu gewerblichen und häuslichen Zwecken oder als Trinkwasser benutzt werden soll. Zum Gebrauche für Techniker, Fabrikanten, Pharmaceuten, Chemiker und Aerzte. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 8 Sgr.

Ladenburg, Dr. A., Vorträge über die Entwicklungsgeschichte der Chemie in den letzten hundert Jahren. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Liebig, Justus von, Anleitung zur Analyse organischer Körper. Mit 82 in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh.
Preis 20 Sgr.; in engl. Leinen gebunden 25 Sgr.

Liebig, Justus von, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Achte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh.
Erster Theil: Einleitung. Der chemische Process der Ernährung der Vegetabilien. Preis 3 Thlr.
Zweiter Theil: Die Naturgesetze des Feldbaues. Preis 2 Thlr. 15 Sgr.

Liebig, Justus von, Einleitung in die Naturgesetze des Feldbaues. Besonderer Abdruck aus „Justus von Liebig, Die Chemie in ihrer Anwendung auf Agricultur und Physiologie. Achte Auflage." Preis 25 Sgr.

Liebig, Justus von, Die Thier-Chemie oder die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Physiologie und Pathologie. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Erste Abtheilung. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Liebig, Justus von, Untersuchungen über einige Ursachen der Säftebewegung im thierischen Organismus. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Liebig, Justus von, Die Grundsätze der Agriculturchemie mit Rücksicht auf die in England angestellten Untersuchungen. Zweite, durch einen Nachtrag vermehrte Auflage. gr. 8. Sat. Velinpap. geh. Preis 25 Sgr.

Löwig, Prof. Dr. Carl, Chemie der organischen Verbindungen. Zweite umgearbeitete und vermehrte Auflage. 2 Bände. gr. 8. geh. Preis 11 Thlr. 10 Sgr.

Löwig, Prof. Dr. Carl, Grundriss der organischen Chemie. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 10 Sgr.

Martius-Matzdorff, J., Die Elemente der Krystallographie mit stereoskopischer Darstellung der Krystallformen. Für höhere Lehranstalten und zum Selbststudium. Mit 118 in den Text eingedruckten Figuren. 4. Fein Velinpapier. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Mohr, Dr. F., Commentar zur preuss. Pharmacopoe nebst Uebersetzung des Textes. Dritte umgearbeitete Auflage. Nach der siebenten Auflage der Pharmacopoea Borussica bearbeitet. Für Apotheker, Aerzte und Medicinalbeamte. In einem Bande. Mit 86 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 4 Thlr.

Mohr, Dr. F., Lehrbuch der pharmaceutischen Technik. Nach eigenen Erfahrungen bearbeitet. Für Apotheker, Chemiker, chemische Fabrikanten, Aerzte und Medicinalbeamte. Dritte vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 470 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Mohr, Dr. F., Lehrbuch der chemisch-analytischen Titrirmethode. Nach eigenen Versuchen und systematisch dargestellt. Für Chemiker, Aerzte und Pharmaceuten, Berg- und Hüttenmänner, Fabrikanten, Agronomen, Metallurgen, Münzbeamte etc. Mit zahlreichen in den Text eingedr. Holzstichen u. angehängten Berechnungstabellen. Dritte durchaus umgearbeitete Auflage. gr. 8. Sat. Velinpap. geh. Preis 3 Thlr. 20 Sgr.

Mohr, Dr. F., Mechanische Theorie der chemischen Affinität und die neuere Chemie. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Mohr, Dr. Friedrich, Allgemeine Theorie der Bewegung und Kraft, als Grundlage der Physik und Chemie. Ein Nachtrag zur mechanischen Theorie der chemischen Affinität. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 25 Sgr.

Müller, Prof. Dr. Joh., Grundzüge der Krystallographie. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 159 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Naumann, Dr. Alex., Grundriss der Thermochemie oder der Lehre von den Beziehungen zwischen Wärme und chemischen Erscheinungen vom Standpunkt der mechanischen Wärmetheorie. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 1 Thlr.

Orfila, M., Lehrbuch der Toxicologie. Nach der fünften, umgearbeiteten, verbesserten und vielfach vermehrten Auflage aus dem Französischen mit selbständigen Zusätzen bearbeitet von Dr. G. Krupp. Zwei Bände. gr. 8. Velinpap. geh. Preis 5 Thlr.

Otto-Graham's Ausführliches Lehrbuch der Chemie. Vierte umgearbeitete Auflage. 5 Bände. 8. Fein Velinpap. geh.

Erster Band: Physikalisches, Allgemeines und Theoretisches der Chemie, von den Professoren Buff, Kopp und Zamminer in Giessen und Heidelberg, zweite Auflage. In zwei Abtheilungen.

Erste Abtheilung. Preis 3 Thlr.

Zweite Abtheilung. Preis 2 Thlr.

Zweiter Band: Anorganische Chemie, von Prof. Otto in Braunschweig, vierte Auflage (in drei Abtheilungen).

Erste Abtheilung, compl. in 13 Lfrgn. Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 6 Thlr. 15 Sgr.

Zweite Abtheilung. Erschienen ist: Lieferung 1 — 10. Preis à Lfrg. 15 Sgr.

(Der Schluss der zweiten Abtheilung befindet sich unter der Presse.)

Dritte Abtheilung, compl. in 12 Lfrgn. Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 6 Thlr.

Dritter bis fünfter Band: Organische Chemie, von Prof. Kolbe in Leipzig.

Dritter Band, complet (in 11 Lfrgn). Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 5 Thlr. 15 Sgr.

Vierter Band, complet (in 10 Lieferungen). Preis (à Lfrg. 15 Sgr.) 5 Thlr.

Fünfter Band, bearbeitet von Prof. Kolbe in Leipzig und Prof. H. v. Fehling in Stuttgart. Erschienen ist:

Zweite Abtheilung von Prof. H. v. Fehling, erste bis siebente Lieferung. Preis à Lfrg. 15 Sgr.

(Die erste Abtheilung befindet sich unter der Presse.)

Otto, Prof. Dr. Fr. Jul., Anleitung zur Ausmittelung der Gifte und zur Erkennung der Blutflecken bei gerichtlich-chemischen Untersuchungen. Vierte Auflage. Nach dem Tode des Verfassers herausgegeben und durch einen Nachtrag vermehrt von Prof. Dr. Robert Otto. Für Chemiker, Apotheker, Medicinalbeamte und Juristen; Leitfaden in Laboratorien und bei Vorträgen. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Regnault, Victor und Adolph Strecker. Kurzes Lehrbuch der Chemie. In zwei Bänden.

Erster Band, achte verbesserte Auflage. Anorganische Chemie. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr.

Zweiter Band, fünfte verbesserte Auflage. Organische Chemie. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Roscoe, Prof. H. E., Kurzes Lehrbuch der Chemie nach den neuesten Ansichten der Wissenschaft. Deutsche Ausgabe, unter Mitwirkung des Verfassers bearbeitet von Carl Schorlemmer. Dritte, nach den neuesten Forschungen verbesserte und vermehrte Auflage. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Spectraltafel. 8. Fein Velinpap. geh.
Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Roscoe, Prof H. E., Die Spectralanalyse in einer Reihe von sechs Vorlesungen mit wissenschaftlichen Nachträgen. Autorisirte deutsche Ausgabe, bearbeitet von C. Schorlemmer. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzstichen, Chromolithographien, Spectraltafeln etc. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.
Preis 3 Thlr.

Rose, Prof. Heinrich, Ausführliches Handbuch der analytischen Chemie. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zwei Bände. gr. 8. Fein Velinpap. geh.
Erster Band: Die Lehre von den qualitativen chemisch-analytischen Untersuchungen.
Zweiter Band: Die Lehre von den quantitativen chemisch-analytischen Untersuchungen.
Herabgesetzter Preis für beide Bände mit den Atomgewichts-Tabellen von Weber 3 Thlr.; für jeden Band einzeln 1 Thlr. 15 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Löthrohrbuch. Eine Anleitung zum Gebrauch des Löthrohrs sowie zum Studium des Verhaltens der Metalloxyde, der Metalle und der Mineralien vor dem Löthrohre, nebst Beschreibung der vorzüglichsten Löthrohrgebläse. Für Chemiker, Mineralogen, Metallurgen, Metallarbeiter und andere Techniker, sowie zum Unterrichte auf Berg-, Forst- und landwirthschaftlichen Akademien, polytechnischen Lehranstalten, Gewerbeschulen u. s. w. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite vermehrte Auflage. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 5 Sgr.
In engl. Leinen gebunden Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Bemerkungen und Beobachtungen über Afterkrystalle. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Lehrbuch der Metallurgie mit besonderer Hinsicht auf chemische und physikalische Principien. In zwei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Velinpap. geh. Erschienen ist: Erster Band complet in 7 Lieferungen; zweiter Band 1. und 2. Lieferung.
à Lieferung 15 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Isomorphismus und polymerer Isomorphismus. (Besonderer Abdruck aus dem Handwörterbuche der Chemie von Liebig, Poggendorff, Wöhler und Kolbe.) gr. 8. Fein Velinpap. geh.
Preis 10 Sgr.

Scheerer, Prof. Dr. Th., Der Paramorphismus und seine Bedeutung in der Chemie, Mineralogie und Geologie. gr. 8. Velinpap. geh.
Preis 1 Thlr.

Schleiden, Dr. M. J., und Schmid, Dr. E. E., Encyclopädie der gesammten theoretischen Naturwissenschaften in ihrer Anwendung auf die Landwirthschaft. Mit 500 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Drei Bände. Preis 7 Thlr. 15 Sgr.
Jeder dieser drei Bände ist auch einzeln für den Preis von 2 Thlr. 15 Sgr. verkäuflich.
(Der dritte Band fehlt gänzlich.)

Schmid, Dr. E. E., Physik, anorganische Chemie und Mineralogie. Für Landwirthe bearbeitet. Mit 258 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr. 15 Sgr.

Schmid, Dr. E. E., Organische Chemie, Meteorologie, Geognosie, Bodenkunde und Düngerlehre. Für Landwirthe bearbeitet. Mit 38 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 15 Sgr.

Schoedler, Dr. Friedrich, Das Buch der Natur, die Lehre der Physik, Astronomie, Chemie, Mineralogie, Geologie, Botanik, Physiologie und Zoologie umfassend. Allen Freunden der Naturwissenschaft, insbesondere den Gymnasien, Realschulen und höheren Bürgerschulen gewidmet. In zwei Theilen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.

Erster Theil. Achtzehnte Auflage. Physik, Astronomie und Chemie. Mit 407 in den Text eingedruckten Holzstichen, Sternkarten und einer Mondkarte. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Zweiter Theil. Siebzehnte Auflage. Mineralogie, Geognosie, Geologie, Botanik, Physiologie und Zoologie. Mit 615 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer geognostischen Tafel in Farbendruck. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Schwarz, H. Dr. Ph., Ueber die Maassanalysen besonders in ihrer Anwendung auf die Bestimmung des technischen Werthes der chemischen Handelsproducte, wie Potasche, Soda, Braunstein, Säuren, Eisen, Kupfer, Blei, Silber u. s. w. Zweite durch Nachträge vermehrte Auflage. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Leitfaden bei den praktischen Arbeiten im chemischen Laboratorium. Zum Gebrauche beim Unterrichte in der unorganischen Chemie an Gewerbe- und Realschulen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Sammlung von chemischen Rechenaufgaben. Zum Gebrauche an Real- und Gewerbe-Schulen, an technischen Lehranstalten und beim Selbststudium für Studirende, Pharmaceuten, chemische Fabrikanten u. A. 8. Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Antworten und Auflösungen zu der Sammlung von chemischen Rechenaufgaben. Zum Gebrauche beim Selbststudium für Studirende, Pharmaceuten, chemische Fabrikanten u. A., sowie für Lehrer an technischen Lehranstalten, Real- und Gewerbeschulen. 8. Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Stammer, Dr. Karl, Tabellen chemischer Schemata. Zum Gebrauche beim Unterrichte in der unorganischen Chemie. In 43 Wandtafeln. Preis 6 Thlr.

Stöckhardt, Dr. J. A., Die Schule der Chemie, oder erster Unterricht in der Chemie, versinnlicht durch einfache Experimente. Zum Schulgebrauch und zur Selbstbelehrung, insbesondere für angehende Apotheker, Landwirthe, Gewerbtreibende etc. Sechzehnte, vermehrte und verbesserte Auflage. Mit 219 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Strecker, Prof. Dr. A., Theorien und Experimente zur Bestimmung der Atomgewichte der Elemente. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Weber, R., Atomgewichtstabellen zur Berechnung der bei analytisch-chemischen Untersuchungen erhaltenen Resultate. Zugleich als Nachtrag zum Handbuche der analytischen Chemie von Heinrich Rose. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 10 Sgr.

Weltzien, Prof. C., Systematische Zusammenstellung der organischen Verbindungen. gr. 8. Satin. Velinpap. Preis 1 Thlr.

Verzeichniss neuerer Werke

aus dem Verlage von

FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN

in Braunschweig.

3.

Chemische Technologie und Metallurgie.

(Technische Chemie.)

☞ Die hier aufgeführten Werke sind durch **jede** Buchhandlung zu beziehen.

Ballo, Prof. M., Das Naphtalin und seine Derivate in Beziehung auf Technik und Wissenschaft. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 20 Sgr.

Benecke, Dr. Berthold, Die Photographie als Hilfsmittel mikroskopischer Forschung. Nach dem Französischen von Dr. A. Moitessier. Deutsch bearbeitet und durch zahlreiche Zusätze erweitert. Mit 88 in den Text eingedruckten Holzstichen und zwei photographischen Tafeln. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr.

Blum, Wilhelm, Natürliche und künstliche Mineralwasser. Mit 17 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 20 Sgr.

Bolley, Prof. Dr. P., Handbuch der chemischen Technologie. In Verbindung mit mehren Gelehrten und Technikern bearbeitet. Acht Bände, die meisten in mehre Gruppen zerfallend. Mit Kupfertafeln und in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.

Erschienen sind:

1. — Ersten Bandes erste Gruppe: Die chemische Technologie des Wassers. Vom Herausgeber. Mit 80 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 24 Sgr.
2. — Ersten Bandes zweite Gruppe: Das Beleuchtungswesen. In zwei Abtheilungen. Vom Herausgeber und Dr. G. Wiedemann, Professor am Polytechnicum zu Karlsruhe. Mit Kupfertafeln und 231 in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Abtheilung. Preis 1 Thlr.
3. — Zweite Abtheilung. Preis 1 Thlr.
4. — Zweiten Bandes erste Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.
5. — Zweiten Bandes zweite Gruppe: Die Fabrikation chemischer Producte aus thierischen Abfällen. Von Dr. Hugo Fleck. Mit 46 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.
6. — Dritten Bandes erste Gruppe: Die Glasfabrikation. Von Prof. W. Stein. Mit 233 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.
7. — Vierten Bandes erste Gruppe: Die Bierbrauerei, Branntweinbrennerei und Liqueurfabrikation. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit 135 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.
8. — Vierten Bandes dritte Gruppe: Der Weinbau und die Weinbereitungskunde, sowie die Bereitung des Obstweins und Krauts. Von Dr. Fr. Mohr. Mit 39 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 25 Sgr.

9. — Siebenter Band: Die Metallurgie. Von Dr. C. Stölzel. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Allgemeiner Theil. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

10. — Zweite Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Roheisen und Stabeisen. Preis 1 Thlr.

11. — Fünfter Band: Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Erste Lieferung: Die Spinnfasern und die im Pflanzen- und Thierkörper vorkommenden Farbstoffe. Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

12. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Erste Lieferung. Preis 1 Thlr.

13. — Sechsten Bandes zweite Gruppe: Die Darstellung der Seifen, Parfümerien und Cosmetica. Von Dr. C. Deite. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

14. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 1 Thlr.

15. — Siebenter Band: Die Metallurgie. Von Dr. E. Stölzel. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung: Specieller Theil der Metallgewinnung. Stahl. Preis 20 Sgr.

16. — Vierten Bandes zweite Gruppe: Die Essig-, Zucker- und Stärkefabrikation, Fabrikation des Stärkegummis, Stärkesyrups und Stärkezuckers, sowie die Butter- und Käsebereitung. Von Dr. Fr. Jul. Otto. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte Lieferung (Schluss). Preis 1 Thlr. 5 Sgr.

17. — Zweiten Bandes erste Gruppe: Die Technologie der chemischen Producte, welche durch Grossbetrieb aus unorganischen Materialien gewonnen werden. Von Dr. Philipp Schwarzenberg. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Zweite Lieferung. Preis 2 Thlr.

18. — Fünfter Band: Chemische Verarbeitung der Pflanzen- und Thierfasern. Zweite Lieferung: Die künstlich erzeugten organischen Farbstoffe. Der Theer: die aus Phenol und Benzol hervorgehenden Farbsubstanzen. Vom Herausgeber. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 1 Thlr.

19. — Sechsten Bandes dritte Gruppe: Das Schiesspulver, die Zündhütchen- und Zündwaaren-Fabrikation. Dritte Abtheilung: Die Zündwaaren-Fabrikation. Von Wladimir Jettel. Preis 20 Sgr.

Frese, O., Beiträge zur Zuckerfabrikation. Eine Sammlung der wichtigsten, beim Gebrauch des Aräometers und Polarisations-Apparates vorkommenden Tabellen. Ein Hülfsbuch für Fabrikherren, Directoren und Siedemeister. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Gay-Lussac, Vollständiger Unterricht über das Verfahren, Silber auf nassem Wege zu probiren. Mit 6 Kupfertafeln. gr. 8. geh. Preis 1 Thlr. 20 Sgr.

Grützner, August, Die Augustin'sche Silberextraction in ihrer Anwendung auf Hüttenproducte und Erze. Mit 4 Kupfertafeln in gross Folio. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Hartig, Prof. Dr. Th., Ueber das Verhältniss des Brennwerthes verschiedener Holz- und Torf-Arten für Zimmerheizung und auf dem Kochherde. Ein Hülfsbuch für Alle, denen daran gelegen ist, ihren Feuerungsbedarf in mindest kostspieliger Weise zu befriedigen, je nach Verschiedenheit des Zweckes der Verwendung. 8. Velinpap. geh. Preis 25 Sgr.

Knapp, Prof. Dr. F., Lehrbuch der chemischen Technologie, zum Unterricht und Selbststudium bearbeitet. Dritte umgearbeitete und vermehrte Auflage. In drei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh.
Erster Band. Erste Abtheilung. Preis 3 Thlr.
Zweite Abtheilung. Erste bis vierte Lieferung. Preis à 1 Thlr.

Knapp, Prof. Dr. F., Die Nahrungsmittel in ihren chemischen und technischen Beziehungen. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 1 Thlr.

Kuhn, Dr. J. A., Pettenkofer's Regenerationsverfahren und seine Stellung zur Gemälde-Restauration und Conservirung. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 15 Sgr.

Kurrer, Dr. Wilhelm Heinrich v., Das Bleichen der Leinwand und der leinenen Stoffe in den europäischen Ländern, von dem Standpunkte der Wissenschaft und der praktischen Erfahrungen beleuchtet, in steter Hinweisung auf eigene Beobachtungen, Erfahrungen und Verfahrungsarten, und die verschiedenen Appreturen, mit einem Anhang über den gegenwärtigen Standpunkt und die neuesten Verfahrungsarten in der Kunst, baumwollene Stoffe jeder Gattung auf die schnellste, sicherste und unschädlichste Art, sowohl für den Druck als für den weissen Bedarf vollkommen weiss zu bleichen und zu appretiren. Zweite, durch Nachträge vermehrte Auflage. Mit 5 Kupfertafeln. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr.

Kurrer, Dr. Wilhelm Heinrich v., Das neue Verfahren, Leinwand und leinene Stoffe zu bleichen, wie es zu Blaubeuren im Königreich Würtemberg eingeführt ist. Als Supplement zur ersten Auflage der Schrift: Das Bleichen der Leinwand und der leinenen Stoffe in den europäischen Ländern. gr. 8. geh. Preis 15 Sgr.

Lunge, Dr. phil. Georg, Die Destillation des Steinkohlentheers und die Verarbeitung der damit zusammenhängenden Nebenproducte. Mit 29 in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 5 Sgr.

Müller, August Ernst, Lehrbuch der Ober- und Untergährung des Biers oder Anleitung zur rationellen Darstellung vorzüglicher Biere durch Gährung. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Müller, P., Handbuch für Bierbrauer. Eine wissenschaftlich-praktische Anleitung zum Bierbrauen im ganzen Umfange des Gewerbes. Mit Rücksicht auf die neuesten Erfahrungen und Verbesserungen im Braufache und unter Beifügung der verschiedenen Braumethoden in Baiern und anderen Ländern. Nach den besten Quellen und vieljährigen eigenen Erfahrungen bearbeitet. Mit einem Vorworte von Prof. Dr. Fr. Jul. Otto. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 15 Sgr.

Otto, Prof. Dr. Fr. Jul., Lehrbuch der Essigfabrikation, enthaltend: die Anleitung zur rationellen Bereitung aller Arten von Essig, sowohl nach der älteren langsamen Methode, als auch nach der neueren schnellen Methode; zur Darstellung der Kräuteressige; zur Prüfung des Essigs auf seinen Säuregehalt; zur Anlage von Essigfabriken u. s. w. Für Essigfabrikanten, Kaufleute, Landwirthe, Cameralisten und Techniker. Zweite vermehrte und verbesserte Auflage. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Otto, Prof. Dr. Fr. Jul., Lehrbuch der rationellen Praxis der landwirthschaftlichen Gewerbe. Die Bierbrauerei und Branntweinbrennerei, die Sprit-, Hefe-, Liqueur-, Essig-, Stärke-, Stärkezucker- und Runkelrübenzuckerfabrikation, die Cider- oder Obstmostbereitung, die Kalk-, Gyps- und Ziegelbrennerei, Potaschesiederei, Oelraffinerie, Butter- und Käsebereitung, das Brotbacken

und Seifesieden umfassend. Zum Gebrauche bei Vorträgen über die landwirthschaftlichen Gewerbe und zum Selbstunterrichte für Chemiker, Landwirthe, Fabrikanten, Architekten, Ingenieure und Steuerbeamten. Sechste revidirte Auflage. Erscheint in zwei Bänden. Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Kupfertafel. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erster Band. Preis 3 Thlr. 10 Sgr.

Zweiter Band. Vollständig in drei Lieferungen. Preis 3 Thlr. 20 Sgr.

Percy, John, Die Metallurgie. Gewinnung und Verarbeitung der Metalle und ihrer Legirungen, in praktischer und theoretischer, besonders chemischer Beziehung. Uebertragen und bearbeitet von Dr. F. Knapp und Dr. H. Wedding. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erster Band: Die Lehre von den metallurgischen Processen im Allgemeinen und den Schlacken, die Lehre von den Brennstoffen und den feuerfesten Materialien als Einleitung, und die Metallurgie des Kupfers, des Zinks und der Legirung aus beiden. Bearbeitet von Dr. F. Knapp. Mit 180 in den Text eingedruckten Holzstichen. Preis 3 Thlr.

Zweiter Band: Die Eisenhüttenkunde. Bearbeitet von Dr. H. Wedding. Mit über 250 in den Text eingedruckten Holzstichen und drei Tafeln in Farbendruck. In drei Abtheilungen. Erschienen ist:

Erste Abtheilung vollständig in 4 Lieferungen. Preis 2 Thlr. 23 Sgr.
Zweite Abtheilung, erste Lieferung. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.
zweite Lieferung. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.
dritte Lieferung. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Percy, John, Ausführliches Handbuch der Eisenhüttenkunde. Gewinnung des Roheisens und Darstellung des Schmiedeeisens und Stahls, in praktischer und theoretischer Beziehung, unter besonderer Berücksichtigung der englischen Verhältnisse. Bearbeitet von Dr. Hermann Wedding. Mit über 250 in den Text eingedruckten Holzstichen und drei Tafeln in Farbendruck. In drei Abtheilungen.

Erste Abtheilung vollständig in 4 Lfrgn. Preis 2 Thlr. 23 Sgr.
Zweite Abtheilung, erste Lieferung. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.
zweite Lieferung. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.
dritte Lieferung. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Pettenkofer, Max von, Ueber Oelfarbe und Conservirung der Gemälde-Gallerien durch das Regenerationsverfahren. gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 24 Sgr.

Ryan, Dr. John, Die Zubereitung von Flachs, Flachsbaumwolle und Flachswolle, nach dem Claussen'schen Verfahren; nebst einer Beschreibung der dabei angewendeten chemischen und mechanischen Hülfsmittel und Claussen's Bleichmethode für vegetabilische Fasern, Garne und gewebte Stoffe. Deutsch herausgegeben von Theod. Kell. Mit Holzstichen. geh. (Siehe auch Claussen.) Preis 20 Sgr.

Schenck, Dr. Ernst, Rationelle Torfverwerthung. Ein Leitfaden für die Anlage von Torfdarr- und Torfverkohlungsöfen, und für die Construction von Torfverdichtungsmaschinen. Mit einem Vorwort von Dr. K. Karmarsch. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen. gr. 8. geh. Preis 20 Sgr.

Schubert, Eduard, Der rationelle Brennereibetrieb. Enthaltend gründliche Anweisung zur Ausführung der besten Einmaischmethoden, wodurch der grösstmöglichste Verjährungsgrad der Maische, mithin der grösste Spiritusertrag und zwar von einigermaassen gutem Materiale allermindestens 10 Procent Alkohol vom Quartmaischraum erzielt wird, sowie zur Bereitung bewährter Kunsthefen, des Filz- und Schaufelmalzes, der Presshefe etc.; nebst Darstellung eines in neuester Zeit zweckmässig construirten Destillir-Apparates. Nach eigenen langjährigen Erfahrungen bearbeitet. Mit einem Vorwort von Dr. Fr. Jul. Otto, mit in den Text eingedruckten Holzstichen. Dritte verbesserte Auflage. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Schubert, Eduard, Praktisches Recept-Taschenbuch für Destillation, 756 Recepte zur Bereitung aller Sorten Liqueure, der Doppel- und Einfach-Branntweine auf warmem wie auf kaltem Wege; Bereitung des Schweizer-Absynth, der Magen-Tropfen, -Essenzen und -Elixire, der Punsch- und Grog-Extracte, der Fruchtweine, der Rums, Aracs, Cognacs und Franzbranntweine, der Fruchtsäfte, der aromatischen Essenzen, -Sprite, -Wasser, der wohlriechenden Essenzen, der Eau de Cologne, der Toilettenwasser und der Räucheressige. Mit Anleitung zur Destillation etc. nebst Darstellung der gebräuchlichen Destillirapparate sowie des in neuester Zeit construirten Fein-Sprit-Apparates. Zum Gebrauche für Branntweinbrenner, Destillateure, Kaufleute, Conditoren, Schenk- und Gastwirthe. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Reductions-Tabelle für österreichisches Maass und Gewicht. Zweite vermehrte Auflage. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Stölzel, Dr. C., Die Entstehung und Fortentwickelung der Rübenzuckerfabrikation und insbesondere die Concurrenz zwischen Rohr- und Rübenzucker. gr. 8. geh. Preis 15 Sgr.

Vogelgesang, Moritz, Lehrbuch der Eisenmallirkunst. Mit 2 Kupfertafeln in gross Folio. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Walkhoff, Louis, Der praktische Rübenzuckerfabrikant und Raffinadeur. Ein Lehr- und Hülfsbuch für Rübenzuckerfabrikanten, Betriebsdirigenten, Siedemeister, Maschinenbauer, Ingenieure, Landwirthe und Studirende an landwirthschaftlichen Lehranstalten. Nach eigenen langjährigen Erfahrungen bearbeitet. Mit einem Vorwort vom Prof. Dr. Fr. Jul. Otto. Dritte neu bearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 210 in den Text eingedruckten Holzstichen, nach Originalzeichnungen der neuesten und besten Constructionen aller Apparate der Rübenzuckerfabrikation. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Vollständig in zwei Abtheilungen. Preis 5 Thlr. 25 Sgr.

Ziurek, Dr. O. A., Technologische Tabellen und Notizen zum Gebrauche im Fabriken-, Handels-, Gewerbe- und landwirthschaftlichen Verkehre. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 10 Sgr.

Schubert, Eduard, Praktisches Recept-Taschenbuch für Destillateure. 758 Recepte zur Bereitung aller Sorten Liqueure, der Doppel- und Einfach-Branntweine und Aromen wie auf kaltem Wege; Bereitung des Schweizer-Absynths, der Magen-Tropfen, Essenzen und Elixire, der Punsch- und Grog-Essenzen, der Franzbranntweine, der Rums, Arracs, Cognacs und Fruchtbranntweine, der Fruchtsäfte, der aromatischen Essenzen, Spiritus, Wasser, der [illegible] Essenzen, der Eau de Cologne, der Toilettenwasser und der Haarbalsame. Mit Anleitung zur Destillation etc. nebst Darstellung der gebräuchlichsten Destillir-Apparate sowie der in neuester Zeit construirten Pfeil-Spiritus-Apparate. Zum Gebrauche für Branntweinbrenner, Destillateure, Kaufleute, Conditoren, Schank- und Gastwirthe. Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und einer Reductions-Tabelle für österreichisches Maass und Gewicht. Zweite vermehrte Auflage. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Stöckel, Dr. O., Die Entstehung und Fortentwickelung der Rübenzuckerfabrikation und insbesondere die Concurrenz zwischen Rohr- und Rübenzucker. gr. 8. geh. Preis 15 Sgr.

Vogelgesang, Moritz, Lehrbuch der Eisenschiffbaukunst. Mit 2 Kupfertafeln in gross Folio. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 1 Thlr.

Walkhoff, Louis, Der praktische Rübenzuckerfabrikant und Raffinadeur. Ein Lehr- und Handbuch für Rübenzuckerfabrikanten, Betriebsdirigenten, Fabrikbeamte, Maschinenbauer, Ingenieure, Landwirthe und Studirende an landwirthschaftlichen Lehranstalten. Nach eigenen langjährigen Erfahrungen bearbeitet. Mit einem Vorwort von Prof. Dr. Friedr. Otto. Zweite neu bearbeitete und vermehrte Auflage. Mit 210 in den Text eingedruckten Holzstichen, nach Originalzeichnungen der neuesten und besten Constructionen aller Apparate der Rübenzuckerfabriken. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Vollständig in zwei Abtheilungen. Preis 3 Thlr. 25 Sgr.

Ziurek, Dr. O. A., Technologische Tabellen und Notizen zum Gebrauche in Fabriken, Handels-, Gewerbe- und landwirthschaftlichen Verkehre. gr. 8. Fein Velinpap. geh. Preis 2 Thlr. 10 Sgr.

Techn. 120

LEHRBUCH

DER

CHEMISCHEN TECHNOLOGIE,

ZUM

UNTERRICHT UND SELBSTSTUDIUM

VON

DR. FRIEDRICH KNAPP,
Professor der angewandten Chemie am Polytechnicum zu Braunschweig.



DRITTE
UMGEARBEITETE UND VERMEHRTE AUFLAGE.

IN DREI BÄNDEN.
ZWEITER BAND.

MIT ZAHLREICHEN IN DEN TEXT EINGEDRUCKTEN HOLZSTICHEN.

ERSTE ABTHEILUNG.

ZWEITE LIEFERUNG.

BRAUNSCHWEIG,
DRUCK UND VERLAG VON FRIEDRICH VIEWEG UND SOHN.
1874.

ANKÜNDIGUNG.

Der von unserer Zeit vollständig gewürdigte unermessliche Einfluss der Chemie auf die gesammte Gewerbsthätigkeit ist so durchgreifend, dass das Bedürfniss nach entsprechenden, rationell behandelten Lehrbüchern fortwährend ein sehr dringendes ist. Das vorliegende Werk ist kein Lehrbuch der Chemie im Allgemeinen, mit specieller Bezugnahme auf die Technologie, also keine technische Chemie; es stellt sich vielmehr die Aufgabe, als **chemische Technologie**, die vorzugsweise auf chemischen Grundsätzen beruhenden Gewerbe vollständig und unter Entwickelung der theoretischen Grundlagen, darzustellen, so dass es dem gebildeten Gewerbtreibenden als Rathgeber dienen, dem studirenden Chemiker, Pharmaceuten, Gewerbtreibenden, Agronomen und Cameralisten aber die Belege, d. i. die Anwendung der Chemie auf die Technik, für ihre Studien, und somit eine Ergänzung jedes Lehrbuches der Chemie bieten könne. — Die Aufnahme, welcher sich die erste Auflage erfreute, hat zur Genüge dargethan, dass Plan, Auffassung und Behandlung dem vorhandenen Bedürfniss entsprach. Eine grosse Zahl vortrefflich ausgeführter und sehr detaillirter Holzstiche erleichtern das Verständniss ungemein und ersetzen die kostbarsten Kupferwerke. Durch den möglichst wohlfeilen Preis, bei der zweckmässigsten Ausstattung, hat der Verleger die Verbreitung nach Kräften erleichtert.

Das Werk wird in der neuen Auflage in drei Bänden erscheinen, von denen jeder Band in zwei Abtheilungen ausgegeben werden wird.

Die dritte Lieferung der ersten Abtheilung des zweiten Bandes befindet sich unter der Presse.

Braunschweig, März 1874.

Friedrich Vieweg und Sohn.

Die Thonwaaren.

Der Thon.

Die Verwitterung.

Die Wechselwirkung, die von allem Anfang an auf der Oberfläche der Erde zwischen der festen Kruste und der Atmosphäre Platz gegriffen, stellt sich als Angriff und allmähliche Zerstörung der Gesteinsmassen dar; sie dauert bis auf den heutigen Tag ununterbrochen fort, wenn auch, wie man Grund zu vermuthen hat, mit verminderter Stärke. Diese allmähliche Zerstörung, von den Zuständen der Atmosphäre und deren Wechsel ausgehend, ist es, die man im Deutschen sehr treffend als „Verwitterung“ bezeichnet. Die unmittelbaren Ursachen der Verwitterung sind theils mechanischer, theils chemischer Natur. Zu den mechanischen Ursachen gehören: zunächst Temperaturwechsel, also Bestrahlung durch die Sonne mit verschiedener Wirkung auf helles und dunkles, auf glattes und auf rauhes Gestein, Abkühlung während der Nacht, sowie der Frost; ferner die mechanische Kraft des Wassers durch Fall, als Regen bei meteorischen Niederschlägen und als Strömung bei fliessendem Wasser; endlich, aber in sehr eingeschränktem Masse, auch wohl elektrische Wirkungen. Zu den chemischen Ursachen der Verwitterung sind zu zählen: die Verwandtschaft des Sauerstoffs, der Kohlensäure und des Wassers als solches; in selteneren Fällen auch des Schwefelwasserstoffs und der schwefligen Säure. Letzte Ursachen der Verwitterung.

Beiderlei Ursachen der Verwitterung sind einzeln genommen von nicht sehr eingreifender Wirkung, die mechanischen in noch minderem Grade, als die chemischen. Immerhin bewirken wiederholte Temperaturabwechslungen auf die Dauer eine Desaggregation und Auflockerung der Gesteine, insbesondere wenn die Gesteine aus mineralogischen Gemengtheilen von verschiedener Krystallform und von ungleicher Ausdehnung durch die Wärme bestehen. Ganz vorzugsweise wird aber der Frost in dieser Richtung thätig sein. Wenn man bedenkt, dass alle Gesteine ohne Ausnahme mehr oder weniger durchdringlich sind und in zahllosen Mechanische,

Schichtungsfugen, Klüften und Spalten nicht nur, sondern auch in einem Netze von feinen mikroskopischen Haarrissen Wasser einsaugen, welches sich durch Gefrieren ausdehnt, so begreift man, dass der Frost in der Hand der Natur ein mächtiges Zerkleinerungsmittel abgiebt. Seine Wirkung reicht indessen nur auf geringe Tiefe und ist in heissen und regenlosen Klimaten ganz ausgeschlossen. Was die mechanische Kraft des fallenden oder rinnenden Wassers anbelangt, so kommt diese als einleitende Ursache kaum, aber desto mehr in Betracht, wenn die Gesteine aus anderweitigem Anlass schon bis zu einem gewissen Grade gelockert sind. —

Chemische Ursachen.

Belangreicher sind die chemischen Ursachen der Verwitterung. Der Sauerstoff der Atmosphäre, namentlich als Ozon, macht sich durch Oxydation von Schwefelmetallen, Kiesen u. dergl., durch Oxydation von Eisenoxydulverbindungen, durch Oxydation von organischer Substanz in den Gesteinen geltend, aber doch nur in dem beschränkten Masse des Vorkommens dieser Verbindungen in den die Erdrinde bildenden Gesteinsmassen. Ausgedehnter ist die Wirkung des Wassers durch seine ausgesprochene Neigung, mit einer Menge von Körpern Hydrate zu bilden, die Umwandlung des Anhydrits in Gyps, der Kupferlasur in Malachit sind bekannte Beispiele. Ungleich häufiger macht sich diese Neigung geltend bei den Producten der Verwitterung durch sonstige Ursachen; so wird aus Eisenoxydul entstandenes Oxyd zu Oxydhydrat, so werden durch Verwitterung entstandene Silicate zu Zeolithen und anderen gewässerten Silicaten. Neben der bindenden Kraft kommt nicht minder chemisch zersetzende und die lösende Kraft des Wassers in Betracht. So werden sonst sehr beständige Verbindungen, z. B. Feldspathe u. dergl., analog dem Glas, in zerkleinertem Zustande vom Wasser merklich angegriffen, Bestandtheile derselben gehen an das Wasser über, werden in Lösung abgeführt u. s. w. Die chemische Wirkung des Sauerstoffs und der Kohlensäure findet in der Fähigkeit des Wassers, diese Agentien der Atmosphäre zu lösen, eine mächtige Unterstützung. Das kräftigste Mittel der Verwitterung ist ohne Zweifel die Kohlensäure, namentlich ihre Lösung in Wasser. Alles meteorische und sonstige Wasser enthält Kohlensäure; es wirkt demgemäss auf die Gesteine wie eine schwache, sehr verdünnte Säure, aber doch wie eine Säure, durch langsame aber nachhaltige chemische Aufschliessung, welcher selbst sonst beständige Silicate, also Verbindungen der Kieselerde mit Alkalien, Erden und Metalloxyden, indem sie in lösliche und unlösliche Verbindungen zerfallen, nicht widerstehen. Solches Wasser löst kohlensaure Erden, Eisen- und Manganoxydul, als doppeltkohlensaure Salze vollkommen auf; auch viele andere Salze, phosphorsaure u. s. w., sind in kohlensäurehaltigem Wasser löslicher als in reinem. Schweflige Säure und Schwefelwasserstoff sind nicht weniger eingreifender Zersetzung fähig, aber auf wenige Punkte der vulcanischen Thätigkeit beschränkt. — Dazu kommt, dass manche in reinem Wasser unlösliche Verbindungen der Erdenund Schwermetalle, anfangen in Wasser löslich zu werden, wenn dies Salze der Alkalien, des Ammoniaks

enthält (so der phosphorsaure Kalk). Ueberhaupt ist der Begriff von Löslichkeit nur relativ und besteht wahrscheinlich kein absolut unlöslicher Körper in der Natur.

Zusammenwirken der verschiedenen Ursachen.

Die aufgezählten Kräfte einzeln genommen, wie gesagt von beschränkter Wirkung, würden schwerlich als solche die ungeheure Arbeit der Verwitterung zu leisten im Stande sein, wie sie thatsächlich in der Natur vorliegt. Erst durch das Zusammenwirken und gegenseitige Ineinandergreifen werden sie zu der zerstörenden Macht der ausgedehntesten und tiefgreifendsten Umgestaltung der Erdoberfläche. In dem Masse als Temperaturwechsel und Frost die Gesteine lockern, gewinnt Sauerstoff und Kohlensäure mehr Zutritt und Breite des Angriffs; in dem Masse als diese aufschliessend vorgehen, brechen sie der Auflockerung neue Bahnen. So ergänzen sich die Kräfte der Verwitterung gegenseitig und finden noch zudem mächtige Unterstützung durch andere grosse Naturprocesse, wie das Zerreiben und Zermahlen der Gesteine durch die Brandung des Meeres, die Strömung der Flüsse, die Gletscher u. a. m.

Endergebniss.

Das Endergebniss der Verwitterung ist also stets eine Zerstörung der Gesteine in dem Sinne, dass ein Theil des Bestandes vom Wasser ausgezogen und gelöst wird, während der Rest als ein nicht weiter angreifbarer Rückstand, in dem Zustand mehr oder weniger weitgediehener Zertheilung, jenen ausgedehnten Schuttmassen den Ursprung giebt, die als Material der geschichteten Formation vorliegen. Durch das Wasser von ihrer ursprünglichen Lagerstätte fortgeführt, wie dies meist der Fall, unterliegt der Verwitterungsschutt einem Abschlämmungsprocess; es erfolgt eine mechanische Scheidung und örtliche Trennung des Groben vom Feinen, der leicht aufschlämmbaren Theile von schweren oder nicht aufschlämmbaren.

Selbstverständlich setzen verschiedene Gesteine, aber auch verschiedene Gemengtheile desselben Gesteins, endlich gleiche mineralogische Gemengtheile nach dem Grade der bereits erfahrenen mechanischen Zerkleinerung, der Verwitterung einen oft sehr ungleichen Widerstand entgegen. Es wird daher in der Regel die Verschlämmung schon Platz greifen, wenn die Gesteine durch Aufschliessung der leichter verwitterbaren Gemengtheile hinreichend, d. h. in bewegliche Trümmer aufgelockert sind. Das Wasser wird nicht bloss Producte der abgeschlossenen Verwitterung, sondern auch unverwitterte Theile fortführen, die sich dann unter einander absetzen.

Rückbildung fester Gesteine.

Die Absatzgebilde bleiben zum Theil unverändert als lose Schuttmassen, zum Theil erfahren sie durch nachträgliche Verkittung ihrer Theilchen — sei es aus inneren Ursachen, sei es durch Infiltration von Bindemittel — eine Rückbildung zu festem Gestein. Hierher gehört die Bildung von Breccie, Sandsteinen, Kalksteinen, Schiefern aller Art u. a. m. Solche secundäre Gesteine kommen häufig durch Lagenänderung aufs neue ins Bereich der zersetzenden Kräfte der Atmosphäre

und unterliegen dann einer secundären Verwitterung von gleichem Verlauf wie die ursprüngliche.

Selbstverständlich hängt die Natur und Beschaffenheit der Verwitterungsproducte in erster Linie von der Natur — namentlich dem chemischen Bestande — der Gesteine ab, aus denen sie hervorgegangen. So entsteht der Thon, eines der wichtigsten Gebilde, um welches es sich hier ausschliesslich handelt, nur durch Verwitterung einer ganz bestimmten Gattung von Gesteinen, deren Verlauf im Folgenden ausführlicher nachzuweisen ist.

Entstehung des Thons.

Material der Thonbildung.

Unter den Gesteinen der festen Erdkruste überwiegen diejenigen bei weitem, die aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt sind; unter diesen mineralogischen Bestandtheilen der Felsen überwiegen wieder einerseits die freie Kieselerde als Quarz, andererseits die Silicate oder Verbindungen der Kieselerde mit Basen bei weitem und zwar in dem Grade, dass die Kieselerde nicht unter $^3/_4$ von der Masse der festen Erdkruste ausmacht. Unter den Silicaten treten wieder die thonerdehaltigen Silicate durch massenhaftes Vorkommen und ungemeine Verbreitung in den Vordergrund, so die allbekannten Mineralformen der Feldspatharten, Hornblende, Augit, Glimmer und viele andere. Eben diese thonerdehaltigen Silicate sind die Mutter des „Thons“, dieses technisch so werthvollen Verwitterungsproduktes. In der That ist Alles, was unter der weitgreifenden Bezeichnung Thon zusammengefasst zu werden pflegt seinem Ursprung nach stets Produkt der Verwitterung von Thonerdesilicaten, wie mannichfaltige Abweichungen sich sonst in dem Vorgang auch darstellen mögen.

Bildung des Thons; ursprünglicher Process.

Die in Rede stehenden Silicate enthalten mit kaum nennenswerthen Ausnahmen mehrere Basen zugleich, nämlich neben der Thonerde noch Kalk, Bittererde, Alkalien, auch Oxyde des Eisens und Mangans, bald einzelne, bald mehrere, bald alle zugleich. Diese Silicate gehören zu den durch die Atmosphärilien mehr oder weniger leicht angreifbaren Verbindungen. Der Gang dieses Angriffs — also ihrer Verwitterung, und somit der Entstehung der Thone — ist in erster Linie durch das abweichende Verhalten der Thonerde gegenüber den übrigen Basen bedingt. Diese letzteren sind den aufschliessenden Agentien der Verwitterung zugänglich, theils durch ihre Fähigkeit, lösliche Verbindungen (in Wasser, Kohlensäure) einzugehen, wie die Erden und Alkalien, theils durch ihre Neigung, sich höher zu oxydiren (Eisen-, Manganoxydul); die Thonerde im Gegentheil ist diesen Agentien unzugänglich, denn sie ist überhaupt keiner chemischen Wandlung als der Aufnahme von Hydratwasser fähig, sie ist weder an sich noch in ihren bei der Verwitterung entstehenden Verbindungen löslich. In natürlicher Folge davon besteht die Verwitterung thonerdehaltiger Silicate in einer allmählich fortschreitenden Ent-

ziehung der neben der Thonerde vorhandenen Basen. Eisen und Mangan werden als Oxydhydrat, die alkalischen Erden als kohlensaure, die Alkalien als lösliche kieselsaure Salze ausgeschieden, beide von dem Wasser unter Vermittelung seines Kohlensäuregehaltes fortgeführt und zuletzt ihrerseits weiterhin wieder niedergeschlagen und zersetzt. So geht in der Bildung löslicher Verwitterungsprodukte mit der Entziehung der betreffenden Basen, eine Entziehung der Kieselerde Hand in Hand; diese findet ihre Grenze bei dem Punkt, wo die noch rückständige Kieselerde mit der Thonerde eine hinreichend feste Verbindung bildet, um den chemischen Kräften der Verwitterung das Gleichgewicht zu halten; diese kieselsaure Thonerde, unter den obwaltenden Umständen stets einen gewissen Betrag von Hydratwasser aufnehmend, bildet einen nicht weiter angreifbaren Verwitterungsrest, die Grundlage des Thons. Am leichtesten ist dieser Vorgang am Feldspath zu übersehen, insofern diese Gattung von Silicaten zugleich den einfachsten und zugleich den am besten untersuchten Fall vorstellt. Einfachste Form der Thonbildung.

So zerfällt beispielsweise der

		Kieselerde		Thonerde		Kali	Wasser
Feldspath von Morl *) . .	=	62,76 Proc.	+	19,20	+	14,90	—
in einen Verwitterungsrest	=	18,48 „	+	19,20	+		6,44
und unter Auflösung von .	=	44,28 Proc.	+		+	14,90	—

in ein lösliches Kalisilicat, welches von Wasser weggeführt wird.

Ebenso hinterlässt der Feldspath

		Kieselerde		Thonerde		Kali	Wasser
von Sargadelos **) . . .	=	62,00 Proc.	+	19,48	+	15,72	—
den Verwitterungsrest . .	=	19,16 „	+	19,48	+		6,69
unter Entziehung von . .	=	42,84 Proc.	+			15,72	Kalisilicat.

Das Wasser aus dem Bereich verwitternder alkalihaltiger Gesteine ist weich, nicht hart, wie aus kalkhaltigem Gestein.

Nicht selten lässt sich das lösliche Kalisilicat (oder Natronsilicat bei Natronfeldspathen) unmittelbar in dem bei der Verwitterung betheiligten

*) Bei Halle; ein kleiner Betrag von Kalk und Bittererde, zusammen 0,64 Proc., sind der Uebersichtlichkeit wegen ausser Betracht gelassen.

**) In Galizien; ebenfalls mit etwas Kalk und Bittererde (zusammen 0,45 Proc.). Bei beiden Feldspathen ist der Verwitterungsrest in Ansatz gebracht, nach Abrechnung der nicht zur Constitution gehörigen nur zufälligen Beimengungen, mit Zugrundlegung der rationellen Analyse von Brogniart und Malaguti.

Wasser nachweisen; in Quellen aus verwittertem Feldspath hervorgegangen, mitunter bis zu 2 Proc. Die nachträgliche Bildung von gewässerten Silicaten, wie man sie häufig beobachtet, hängt damit zusammen.

Secundäre Erscheinungen.

In der Natur verläuft übrigens der Verwitterungsprocess niemals so einfach wie in der vorstehenden Darstellung. Eine Reihe von Vorgängen zweiter Hand ist vielmehr schon gleichzeitig mit, während und nach der ursprünglichen Aufschliessung thätig, die Verwitterungsprodukte, sei es durch weiter gehende Zersetzung, sei es durch mechanische Scheidung, sei es in Folge von beiden zugleich, durch Entziehung vorhandener oder Zufuhr von neuen Stoffen abzuändern und umzugestalten, und durch diese Aenderungen den ursprünglichen Verwitterungsprocess oft bis zur Unkenntlichkeit zu trüben und zu verwischen. Vor Allem aber und von vorn herein sind die Bestandtheile der Erdkruste, welche durch ihre Verwitterung dem Thon den Ursprung geben, in erster Linie die mineralogischen Gebilde an sich, so gut wie nie von der in dem Schema angenommenen Einfachheit, fast alle enthalten beide Alkalien zugleich, dazu meist Kalk, Bittererde, Eisen u. s. w.; wie vielmehr die aus den verschiedensten Mineralien zusammengesetzten Felsarten. Soweit diese neben den Alkalien auch Kalk, Bittererde, Eisen, Mangan enthalten, werden sich dem Verwitterungsreste auch Verbindungen dieser Basen zugesellen; einige dieser Verbindungen, wie die kohlensauren Erden, können durch kohlensaures Wasser ihm später wieder entzogen werden. Schwefel- und Phosphorsäure, die in dem Bestand der Felsarten selten fehlen, geben schwer- oder unlösliche Salze mit jenen Basen, die unter Umständen in den Verwitterungsresten verbleiben. Ferner greifen secundäre Zersetzungen der Verwitterungsprodukte Platz, theils mit den Bestandtheilen der Luft und des Wassers, theils der Verwitterungsprodukte unter sich, beides unter Bildung von Niederschlägen; so scheiden die kieselsauren Alkalien Kieselerde ab und verwandeln sich in kohlensaure Alkalien, diese und gelöste kohlensaure Erden fällen vom Wasser zugeführte schwefelsaure Salze. Endlich bleiben (aus dem S. 255 angeführten Grunde) den Verwitterungsresten fast immer unverwitterte Mineraltrümmer beigemengt; so finden sich bei der Verwitterung des Granites in den Verwitterungsresten des Feldspathes unverwitterte festere Körner dieses Minerals neben zahlreichen Glimmerblättchen und dem Quarz in Körnern. Die bis dahin aufgezählten Einflüsse, die schon für sich zahllose Abweichungen und Abarten der thonigen Verwitterungsreste bedingen, umfassen indessen lediglich diejenigen Momente, welche an Ort und Stelle an der Lagerstätte der Gesteine selbst zur Wirkung gelangen. Verwitterungsprodukte auf der ursprünglichen Lagerstätte, auf der sie entstanden sind, kommen nicht gerade selten vor, aber sie sind keineswegs der häufigste Fall.

Meist tritt nämlich noch ein anderes Moment mächtig und eingreifend umgestaltend hinzu, die schon zahllosen Abarten der thonigen Verwitterungsreste ins unabsehbare vermehrt und zugleich den Zwecken

der technischen Anwendung näher bringt; dies ist die Abschlämmung durch das fliessende Wasser. Schlämmende Wirkung des Wassers.

So wie die Verwitterung eine grossartige Zerkleinerungswerkstätte, so ist die Strömung der spühlenden Meteorwasser von dem hochliegenden Gebiet ins Tiefland eine grossartige Aufbereitungswerkstätte. Indem die Verwitterungstrümmer durch das Wasser von ihrer ursprünglichen Lagerstätte entführt werden, unterliegen sie einer Abschlämmung; mit abnehmendem Gefälle des Wassers bleiben die Felsstücke schon in den höheren Gebirgsthälern zurück, weiter in die Ebene gehen Geschiebe, noch weiter der Grand und Sand, am aller weitesten aber die feinsten Theile, die sich erst in den Binnenbecken und dem Meer ablagern, Delta bilden etc. Bei dieser, wie jeder Schlämmung überhaupt, hängt der Erfolg von der Stosskraft oder dem Gefälle des Wassers, von Grösse, Korn und specifischem Gewicht der Trümmer, aber auch sehr von der Form derselben, insbesondere von dem Verhältniss zwischen Oberfläche und Inhalt der kleinsten Theilchen ab, ob sie körnig, krystallinisch, blätterig, amorph, flockig u. s. w. sind. Bei den Thonen ist das specifische Gewicht zwischen 2,2 bis 2,5 (bei den am häufigsten vorkommenden Silicaten der Gesteine zwischen 2,5 und 3,1), sie sind durchweg flockig und amorph *). Daher finden sich die genannten Bedingungen der Aufschlämmbarkeit im höchsten Grade ausgeprägt bei den thonerdehaltigen Verwitterungsresten, von denen sich die feinsten als Trübung des Flusswassers auch in der Ruhe oft erst nach Monaten absetzen. — Bei der Verschlämmung ist das Wasser keineswegs als blosses Transportmittel thätig: Geschiebe, Grand, Sand bewegen sich ihrer Schwere wegen vorzugsweise am Boden der Flussgerinne und schleifen sich dort unaufhörlich, mit grosser Reibung über einander fortgeschoben, an einander ab. Daher die allgemein abgerundete Gestalt der Geschiebe, des weissen Sandes. Die Abschleifung ist eine weitere Zerkleinerung, und mit zunehmender Zerkleinerung gewinnen die chemischen Kräfte des Wassers und der sie unterstützenden Atmosphäre neuen Angriff zur Aufschliessung. Während des Transportes setzt das Wasser mit anderen Worten das Werk der Verwitterung unaufhaltsam fort. Noch mehr. Durch Zusammenströmen der Wasser verschiedener Gerinne vermischen sich die Verwitterungsproducte verschiedenen Ursprungs und gleicher Aufschlämmbarkeit; die thonerdehaltigen der einen Art mit solchen anderer Art, mit Niederschlägen aus dem Wasser, kohlensaure Erde mit Eisenoxydhydrat, schwefelsaurem Kalk, organischer Substanz u. s. f.; umgekehrt werden diesen Verwitterungsprodukten auch Bestandtheile entzogen (die schwebenden Schlammtheile des Rheinwassers z. B. verlieren auf dem Wege stromabwärts ihren Kalkgehalt (Boussingault); je mehr ein Thon der natürlichen Schlämmung unterlegen, um so mehr verliert er im Allgemeinen an Alkali). Die Wechsel

Chemische Nachwirkung des Wassers.

*) Nur ganz ausnahmsweise sind Kaoline im krystallinischen Zustande beobachtet.

der Strömung, der Hochwasser mit dem Tiefstande, bedingen Wechsel der Stosskraft, mithin auch Wechsel in der Beschaffenheit der fortgeschwemmten Theile; an derselben Stelle setzen sich zeitweise feinere, zeitweise gröbere Theile ab, oder mischen sich mehr oder weniger.

Mit der endlichen Ablagerung des fortgeschwemmten Materials ist dieses dem dauernden Einfluss des Wassers, selbst der Atmosphäre (mittel- oder unmittelbar) noch nicht entzogen. Auch in dem Schoosse der abgelagerten Massen schreitet die Verwitterung nach Massgabe der Umstände noch fort. Umgekehrt kann sich die allen erdigen Schuttmassen, namentlich den Thonen, innewohnende Kraft geltend machen, Salze aus dem Wasser zu absorbiren, die es ihnen erst jetzt zuführt. Oder es ergeben sich die Bedingungen zu Vorgängen von einer entgegengesetzten Richtung, zur Versteinerung der Masse, mit oder ohne Verkittung der Theile durch Infiltration; so entstanden und entstehen die geschichteten Gesteine, Sandsteine, die Schiefer, Kalksteine, fester Mergel u. s. w. Zur Vervollständigung des vorgezeichneten Bildes der Zerstörung und Neubildung hat man sich zu vergegenwärtigen, dass aller Wahrscheinlichkeit nach die Verwitterungsprocesse in den früheren Epochen mit viel eindringlicherer und mächtigerer Wirksamkeit sich bethätigten als heut' zu Tage, insofern die Temperatur der Erdoberfläche und der Kohlensäuregehalt der Atmosphäre viel höher, die Niederschläge aus der letztern massenhafter waren; auch scheint die Wiedervereinigung der abgesetzten Verwitterungstrümmer zu festem Gestein unter den damals waltenden Bedingungen mehr begünstigt gewesen zu sein, wie ihr denn auch ungleich längere Zeiträume zu Gebote standen. Dass auch auf diesem Wege gebildete Gesteine theilweise wieder in späteren Epochen durch Hebung und Senkung ins Bereich der Verwitterung gerückt, ihr unterlagen und neue Absätze aus zweiter Hand bildeten, ist schon erörtert worden. An einzelnen Oertlichkeiten ist noch die vulkanische Thätigkeit, soweit sie von zerstörender und aufschliessender Wirkung, hinzugetreten.

Wo die Thonerde der verschiedenen Silicate, in Verbindung mit Kieselerde und Hydratwasser, als nicht weiter angreifbarer Rest, unverrückt auf der ursprünglichen Lagerstätte verbleibt, findet sie sich selbstverständlich alsdann mit allen übrigen festen Verwitterungsprodukten, die den Gesteinen nicht durch Wasser entzogen werden, als ein Gemenge ohne bestimmten Charakter. Wo aber die Umstände ermöglichten, dass diesen Resten sich nicht zu viele und nicht zu heterogene und störende Gesteinsrückstände beimischen, wo diese Reste also vorwiegen und in gewissem Sinne reiner vorkommen, werden sie ohne Weiteres als Thon angesprochen, als Thon auf ursprünglicher Lagerstätte. Neben diesen Thon auf ursprünglicher Lagerstätte stellen sich nun die Thone auf secundärer Lagerstätte, die Produkte der Verschlämmung. Die thonerdehaltigen Verwitterungsreste behalten auch auf dem Transport durch fliessendes Wasser ihre Unangreifbarkeit, aber in Folge ihrer grossen Aufschwemmbarkeit werden sie durch die natürliche Aufbereitung mehr oder weniger

Thone auf ursprünglicher, und auf secundärer Lagerstätte.

von den gröberen und heterogenen Beimengungen geschieden und gelangen in angereicherter Form, mit und ohne Zumischung von neuem Material, als feinere erdige oft höchst zarte Niederschläge zur Ablagerung, bei dem unendlichen Wechsel der Bedingung auch von unendlich wechselnder Beschaffenheit.

Alle diese so entstandenen unabsehbaren Gattungen, Arten und Abarten von Thonen, von denen eine beträchtliche Zahl den Rohstoff der Thonwaaren — vom Porzellan bis zu den gemeinen Ziegeln — bildet, sind ohne Ausnahme mechanische Gemenge von chemischen Verbindungen, unter diesen ist das gewässerte Thonerdesilicat die vorwiegende und bestimmende. In den weitesten Grenzen nach ihrer speciellen Beschaffenheit abweichend, sind sie nichts destoweniger wiederum durch eine gewisse Einheit des Charakters zusammengefasst. Bei der langen Kette von Veränderungen und Umgestaltungen, welche sich vom Beginn der Verwitterung bis zur endgültigen Bildung der Thone erstreckt, ist man nicht oft geneigt und noch weniger oft im Stande gewesen, die einzelnen Arten auf ihren Ursprung zurückzuführen; nur in einfacheren und weniger verwickelten Fällen ist dies unternommen und geglückt und schwebt noch mancherlei Dunkel über der Bildungsgeschichte dieser wichtigen Vorkommnisse, nicht minder über Eigenschaft und Verhalten.

Schon weiter oben sind Beispiele von Thonbildung auf natürlicher Lagerstätte als Verwitterung des Feldspathes mitgetheilt und zwar nur in Bezug auf den thonerdehaltigen Rest; das wirkliche Verwitterungsprodukt des Feldspathes umfasst noch lösliche freie Kieselerde, Kalk, Magnesia und etwas Eisenoxyd nebst etwas Alkali. Nur sehr kalkarme und kein oder wenig Eisen haltende Feldspathe, oder dem ähnliche Mineralien, liefern diese reinen thonerdehaltigen Verwitterungsreste, die als „*Kaolin*" bekannt sind. Dass sie in der That aus sehr verschiedenen Mineralien hervorgehen können, beweist folgende Zusammenstellung und zwar zweier Kaoline aus der Nähe von Karlsbad (a. und b.) aus Feldspath, eines Kaolins aus Prosopit im Altenburger Zinnstock (c.) und eines Kaolins aus Beryll von Chauteloube (d.). Beispiele.

	a.	b.	c.	d.
Kieselerde	51,56	52,32	45,63	45,61
Thonerde	28,59	33,60	39,89	38,86
Beryllerde	—	—	—	1,10
Eisenoxyd	5,08	3,83	—	0,94
Kalk	—	—	0,60	Spur
Magnesia	0,90	1,30	—	—
Wasser, geb.	5,78	4,95	13,70	14,04
Alkali, Verlust	8,09	3,00	—	—
	100,00	100,00	99,82	100,55

In allen Fällen hat also mehr oder weniger vollständige Entziehung der Basen ausser der Thonerde stattgefunden; mit ihnen viel Kieselerde, bei (d.) ein ganzes Drittel derselben.

Geht die Verwitterung anstatt von dem blossen Mineral von einer Felsart aus, wie dies bei Porphyren und glimmerfreien oder glimmerarmen Graniten oft der Fall, so mischt sich noch Quarz in Körnern, Glimmerblättchen u. dergl. bei. Sind eisenhaltige Mineralien in dem Gestein, so bleiben sie als Eisenoxyd mit dem Verwitterungsrest zurück; so fand

Thon aus Granit,

Forchhammer in einem gelben in Dänemark sehr verbreiteten Thon aus Granit, den Quarz als Sand, den Glimmer, das Titanoxyd und die Ceriumverbindungen als solche wieder, während der Feldspath mit dem Magneteisen durch Verwitterung die thonigen Bestandtheile abgaben. — Bei Graniten und ähnlichen Gesteinen sieht man oft den Feldspath mattweiss zerreiblich schon halb verwittert, zwischen den noch unangegriffenen übrigen Gemengtheilen. — Als Beispiel der Verwitterung sehr zusammen-

aus Basalt.

gesetzter Gesteine mag eine vergleichende Analyse von Basalt (Bärenstein im Erzgebirge) und dem daraus entstandenen Thon von ursprünglicher Lagerstätte (Pagels) hier folgen: während bei Feldspathen und Graniten, überhaupt Gesteinen die kein Wasser enthalten, alles gebundene Wasser von aussen aufgenommen wird, ist dies bei dem gewässerte Silicate führenden Basalt kaum noch der Fall.

	Kieselerde	Titansäure	Thonerde	Eisenoxyd	Eisenoxydul	Manganoxyd
Basalt . . .	39,32 . .	1,52 . .	19,76 . .	8,36 . .	1,52 . .	0,67 Proc.
Thon	24,52 . .	0,89 . .	19,76 . .	5,57 . .	— . .	0,02 „
Entzogen . .	14,80	0,63	0	2,79	1,52	0,65 Proc.

	Kalk	Magnesia	Kali	Natron	Wasser
Basalt . . .	10,58 . .	7,06 . .	1,03 . .	1,86 . .	5,85
Thon	2,07 . .	0,78 . .	0,22 . .	0,80 . .	5,86
Entzogen . .	8,51	6,28	0,81	1,06;	0,01 aufgenommen

Vorausgesetzt, dass die Thonerde vollständig bei dem Verwitterungsrückstand geblieben, wie nach den Umständen anzunehmen, hat der Basalt an Kieselerde, Titansäure und den verschiedenen Basen 37 Proc. seines Gewichtes verloren. In der Regel mischen sich noch unverwitterte Gesteinstheile hinzu, oft in ansehnlicher Menge, wenn sie durch Aufschliessen der umgebenden Bestandtheile fein zertheilt blossgelegt werden; so fand R. Ludwig im Thon aus Basalt (und Dolomit) der Wetterau 85 Proc., in einem andern Thon desselben Ursprungs 75 Proc. Labradorstaub; bei Thonen auf secundärer Lagerstätte kamen noch durch Einschlämmung mancherlei Stoffe von aussen hinzu: Sand, Eisenoxyd, Kalk, organische Substanz u. dergl.

Bezeichnungen.

Was hier mit dem weiten Begriff Thon bezeichnet worden, heisst

in der Sprache des gemeinen Lebens auch *Letten*, *Klei*, *Tegel*, *Aue*, *Schlick*, *Knick*, auf Helgoland *Skitt* und *Töck*, Ausdrücke von grosser Unbestimmtheit bald enger bald in weiterem Sinne genommen, von nur mundartlichem Werth.

Die Bildungsgeschichte der Thone lässt im Voraus erwarten, dass man Thonen auf ursprünglicher Lagerstätte verhältnissmässig selten begegnet. Die Verwitterung muss sehr tief greifen, wenn ihre Producte sich der Verschlämmung entziehen sollen auf die Dauer, um tief zu greifen setzt aber die Verwitterung ein leicht durchdringliches und leicht angreifbares Gestein voraus. Solche Thone lassen oft sehr deutlich die Structur des Gesteins erkennen, woraus sie hervorgegangen. Unter den in der Industrie dienenden Thonen gehören die meisten Kaoline hierher.

Die Thone auf secundärer Lagerstätte kommen in allen aus Wasser gebildeten Gebirgsarten vor, aber man verarbeitet nicht leicht Thone von höherem Alter als die Steinkohle. Die aus Wasser abgesetzten Thone sind theils Meeres-, theils Süsswasserbildungen. Sie bilden theils beschränkte Ablagerungen als Ausfüllung von muldenförmigen Vertiefungen und Becken, theils ausgedehnte Schichten als Glieder ganzer Formationen. Häufig ist in demselben Thonlager eine gewisse Schichtung äusserlich deutlich erkennbar; die Schichten wechseln von grösserer Mächtigkeit bis zu Fingerdicke und feiner fast blätteriger Absonderung herab. Auch wo eine Schichtung mit dem Auge nicht erkennbar ist, machen sich Ungleichheiten der Thonlager in den verschiedenen Teufen vom Hangenden bis zum Liegenden durch ungleiches Verhalten bemerklich. Diese Thatsache ist für die Verarbeitung der Thone um so wichtiger, als man bei mächtigeren Lagern fast sicher auf solche Ungleichheiten, oft in bedeutendem Grade, rechnen kann und die verschiedenen Schichten keineswegs immer für den gleichen Zweck verwendbar sind. Auch senkrecht auf die Erstreckung der Lager sind diese oft von Klüften, Spalten und Rissen durchsetzt, die entweder von Hebungen und Senkungen des Bodens oder von Zusammenziehungen durch Wasserverlust entstanden. Damit hängt auch die in Thonlagern gewöhnliche Erscheinung von „*Rutschflächen*“ und „*Spiegeln*“ zusammen, d. h. von Absonderungsflächen durch Reibung geglättet. Schwer zu erklären sind solche Spiegel, die in ganz beschränktem Umfang an einzelnen Brocken der Thonmasse vorkommen. Während einzelne Thonschichten wenigstens eine ausgezeichnet gleichförmige Beschaffenheit zeigen, ist bei anderen in auffallender Weise das Gegentheil der Fall. Oft finden sich jene abgesonderten Thonbrocken, die dann fester und schwerer aufzuweichen, mitunter auch durch Infiltration von Eisen und dergleichen verkittet und verhärtet sind, sogenannte „*Verballungen*“, „*Knuppen*“ und „*Butzen*“, die meist von grösserem Umfang, manchmal nur in Gestalt von kleineren Körnern in die Thonmasse eingebettet liegen. Oft begegnet man Anhäufung von den gewöhnlichen Beimengungen des Thons — so von Sand und

Vorkommen und Einschlüsse.

Kalk — in Nestern und Schnüren; beim Kalk auch wohl in Gestalt von netzartigem Geäder, von kalkreichen Vegetationen (namentlich Charaarten) herrührend. Endlich trifft man heterogene Einschlüsse mancherlei Art: Gyps in Krystallen, Schwefelkies, pflanzliche Reste als Kohle und Moder, thierische Versteinerungen, Knochen, Korallen, Muscheln (Posidonien, Ammoniten), Belemniten, Septarien, Koprolithe u. a m. Auch diese Einschlüsse, namentlich wenn kalkiger Natur, sind häufig Quellen von grossen Schwierigkeiten der Verarbeitung.

Eigenschaften.

Farbe. Es giebt kaum eine Farbe, die nicht dem natürlichen Thone eignet, vom reinsten Weiss zum Gelb und Grau, vom Gelb zum Roth und tiefsten Braun, vom Blau bis zum vollen Schwarz. Mächtige Lager können von ganz gleicher oder schwach verschiedener Farbe sein, in anderen sind die Farbenwechsel mehr regelmässig, in noch anderen bis zur crassesten Buntheit gescheckt, so dass kaum ein Quadratfuss von einerlei Farbe zu finden. — Geruch. Aehnlich wie der Kalk hat auch der Thon einen eigenthümlichen Geruch, der durch Ammoniakgehalt vermittelt wird. — Sp. Gew.; Das specifische Gewicht des Thons bewegt sich in engen Grenzen, zwischen dem 2- und 2,5fachen des Wassers etwa. — Härte. In der Härte sind grosse Abweichungen von der Weichheit eines lose getrockneten Schlammes an, bis zu steinigen nur mit Maschinenkraft zu zerkleinernden Massen. — Absorptionskraft. Mit dem Ackerboden hat der Thon die Eigenschaft gemein, Gase, Dämpfe in sich zu verdichten und in Wasser gelöste Stoffe, so gewisse Salze, namentlich des Ammoniaks, Kalis und der Phosphorsäure zu absorbiren, d. h. dem Lösungsmittel zu entziehen und in sich niederzuschlagen. — Verhalten zum Wasser. Weitaus am bedeutsamsten ist das Verhalten der Thone zum Wasser, die erste Hauptgrundlage ihrer Verarbeitung. Trockner Thon klebt an der Zunge; mit Wasser übergossen saugt er dieses kräftig ein, oft in dem Grade, dass die Luft mit Zischen aus den Poren entweicht, oft ohne Geräusch. Manche Thone, die das Wasser schwächer ansaugen, bleiben selbst wochenlang im Wasser unverändert, so z. B. gewisse schieferartige Thone der Kohlenformation; manche zerfallen darin erst in grössere, dann in kleinere Trümmer; noch andere nehmen das Wasser nur bis zu einem bestimmten Punkte, nemlich bis zur Entstehung eines festen Teigs auf, sogenannte „*Wassersteife*“, und sind von da an einer weiteren freiwilligen Aufnahme von Wasser nicht mehr zugänglich, noch andere endlich erweichen darin von selbst vollkommen bis zu Schlamm. In dem Zustand der Sättigung mit Wasser sind die Thone undurchlässig und werden so zu einer häufigen Ursache von Torfbildung, Versumpfung u. s. w. — Sämmtliche Thone ohne Ausnahme lassen sich auf mechanischem Wege gleichmässig mit Wasser mischen und bilden damit eine gleichmässige Masse, je nach der Menge des zugemischten Wassers einen festern, einen weichern Teig, oder Schlamm.

Mit Wasser zu Teig angemachter Thon besitzt in ausgezeichnetem Grade die unschätzbare Eigenschft der „*Bildsamkeit*“ (Plasticität); sie besteht in der äussersten Verschieblichkeit der Theilchen bei nahezu gänzlicher Abwesenheit der Elasticität. Die Verschieblichkeit befähigt den Thonteig durch Druck jede Formänderung anzunehmen; die Abwesenheit der Elasticität befähigt ihn, die Formänderung nach dem Aufhören des Drucks getreu und unverändert zu bewahren. Die Bildsamkeit, auf der die Formung der Thonwaaren fast ausschliesslich beruht, ist die zweite Hauptgrundlage der Verarbeitung. Diese Eigenschaft wohnt den verschiedenen Gemengtheilen des Thons keineswegs gleichmässig bei: dem Quarzsand, feinzertheiltem Feldspathstaub, den Glimmertheilchen fehlt sie beinahe gänzlich; der feinste Reibungsschlamm (Detritus) im Thon, ferner Kalkniederschlag, Eisenoxydhydrat besitzen sie schon in merklichem Grade; das hohe Mass von Bildsamkeit, wie es den Thonen eignet, verdanken sie ganz vorzugsweise der eigentlichen Thonsubstanz, dem gewässerten Thonerdesilicat, welches darum auch der „*plastische Bestandtheil*“ heisst. Bei diesem Körper beruht sie zum Theil in der weitgehenden feinen Zertheilung, weit mehr noch auf der Beschaffenheit und Form der kleinsten Theilchen, die nicht krystallinisch, sondern amorph bei grosser Zartheit eine grosse Flächenausdehnung bei verhältnissmässig geringem Körperinhalt (S. 259) besitzen und mit einer hohen Benetzbarkeit durch Wasser ausgestättet sind. Vermöge dieser Beschaffenheit bilden sie unendlich feine und dabei ungemein ausgedehnte Zwischenräume, mit dènen der Thon das Wasser aufnimmt; durch die Zwischenlagerung des Wassers an einander haftend, schieben sie sich leicht über einander her, und zwar vermöge ihrer Zartheit und Geschmeidigkeit ohne elastische Rückwirkung. Die Bildsamkeit hängt sehr eng mit der Aufschlämmbarkeit des Thons zusammen, d. h. mit der Eigenschaft, sich leicht im Ueberschuss von Wasser zu zertheilen und darin auffallend lange schweben zu bleiben, ohne dass sie sich absetzen. Beide, Bildsamkeit wie Aufschlämmbarkeit, sind Ausflüsse der Beschaffenheit der kleinsten Theilchen. Man begreift aus diesen Ursachen leicht, dass die Verschlämmung der thonigen Verwitterungsreste in der Natur, insofern sie die sandigen gröberen Theile von den zarteren scheidet, in der Regel die Bildsamkeit des Thons erhöht. Daher sind Thone auf ursprünglicher Lagerstätte, selbst wenn sehr reich an Thonerdesilicat (wie die Kaoline) weniger bildsam, als die auf secundärer Lagerstätte. Im praktischen Leben bezeichnet man den Grad der Bildsamkeit der Thone mit „*fett*“ und „*mager*“. Verhalten zum Wasser.

Bei dem zu Teig angemachten Thon ist die Adhäsion der feinsten Theilchen, wie bemerkt, durch die in ihren Zwischenräumen eingelagerten dünnen Wasserschichten vermittelt. Beim Trocknen rücken die Thontheilchen, im Mass als das dazwischen befindliche Wasser verdunstet, immer näher aneinander, bis sie zuletzt nach der gänzlichen Entfernung des Wassers in unmittelbare Berührung kommen. Selbstverständlich

geschieht dies in einer Lage, in welcher die Theilchen am besten sich zusammenfügen, nemlich mit der breitesten Fläche. Die innige Berührung wird erhöht durch die Zartheit und Geschmeidigkeit der Theilchen und bewirkt damit ein um so festeres Zusammenhaften. Mit diesen Erscheinungen beim Trocknen treten zweierlei Aenderungen ein: Verlust der Verschieblichkeit der Theilchen, also der Bildsamkeit, Starre des Ganzen; dann eine erhebliche Verminderung des Umfangs der Thonmasse; jene heisst das „*Bindevermögen*“, diese die „*Schwindung*“. Beide spielen in der Ausübung eine wichtige Rolle.

Bindevermögen.

Das Bindevermögen ist im Allgemeinen bei den fetten Thonen grösser, als bei den mageren, steht aber darum nicht gerade immer im Verhältniss der Plasticität. Offenbar sind dabei noch anderweitige Einflüsse im Spiel; im Wasser aufgelöste Stoffe, Salze u. dergl. wirken bald mehr bald weniger mit, indem sie, nach Verdunstung des Wassers zurückbleibend, die feinsten Theilchen verkitten. Thone mit starkem Bindevermögen bilden nach dem Trocknen eine Masse, die sich zwar gut schneiden und zerreiben lässt, aber an den Fingern nicht abfärbt, was bei schwächer bindendem Thone der Fall. Man bestimmt daher das Bindevermögen nach der Menge Quarzmehl — eine Substanz ohne alle bindende Kraft —, welche man dem Thon beimischen muss, bis er an den Daumen gestrichen eben abzufärben beginnt (C. Bischof).

Trockenschwindung.

Die Schwindung beim Trocknen *) ist nur ein Theil der gesammten Schwindung, welche der Thon bei seiner Verarbeitung durchzumachen hat; sie ist um so grösser, je fetter der Thon, aber auch nicht gerade der Bildsamkeit proportional. Die Trockenschwindung ist die Quelle von grossem Schaden in der Praxis, die Hauptursache zum Reissen mancher Thonwaaren. Dies liegt nicht sowohl in der Trocknung und Schwindung an sich, als vielmehr in der Ungleichheit der Trocknung und Schwindung, die aus den natürlichsten Gründen kaum zu vermeiden ist. Theile von grösserer Thonstärke trocknen langsamer als dünnere, die auf der Unterlage ruhenden langsamer, als die in die Luft ragenden oberen Theile. Es wird also bei einem Werkstück nur allzuleicht eintreten, dass einzelne Theile schwinden, während benachbarte Theile noch nicht nachgeben. Selbstverständlich vergrössert sich dieser Fehler, je mehr das Trocknen übereilt wird.

Mechanische Analyse.

Wie aus der Bildungsgeschichte der Thone hervorgeht, sind die physikalischen Eigenschaften zunächst und zumeist abhängig von ihren mechanischen Gemengtheilen und dem Verhältniss, in welchem diese an dem Bestand des Thons betheiligt sind. Die Kenntniss, wieviel unverwittert und wieviel verwittert vorhanden, wieviel Thonerdesilicat, wieviel Kieselerde als Quarz oder in anderer Form, wieviel Salze neben den Silicaten, ist daher praktisch von grossem Gewicht und dies um so

*) Die Trockenschwindung aus dem Luftdruck zu erklären, wie man versucht hat, ist gegen die Natur der Dinge.

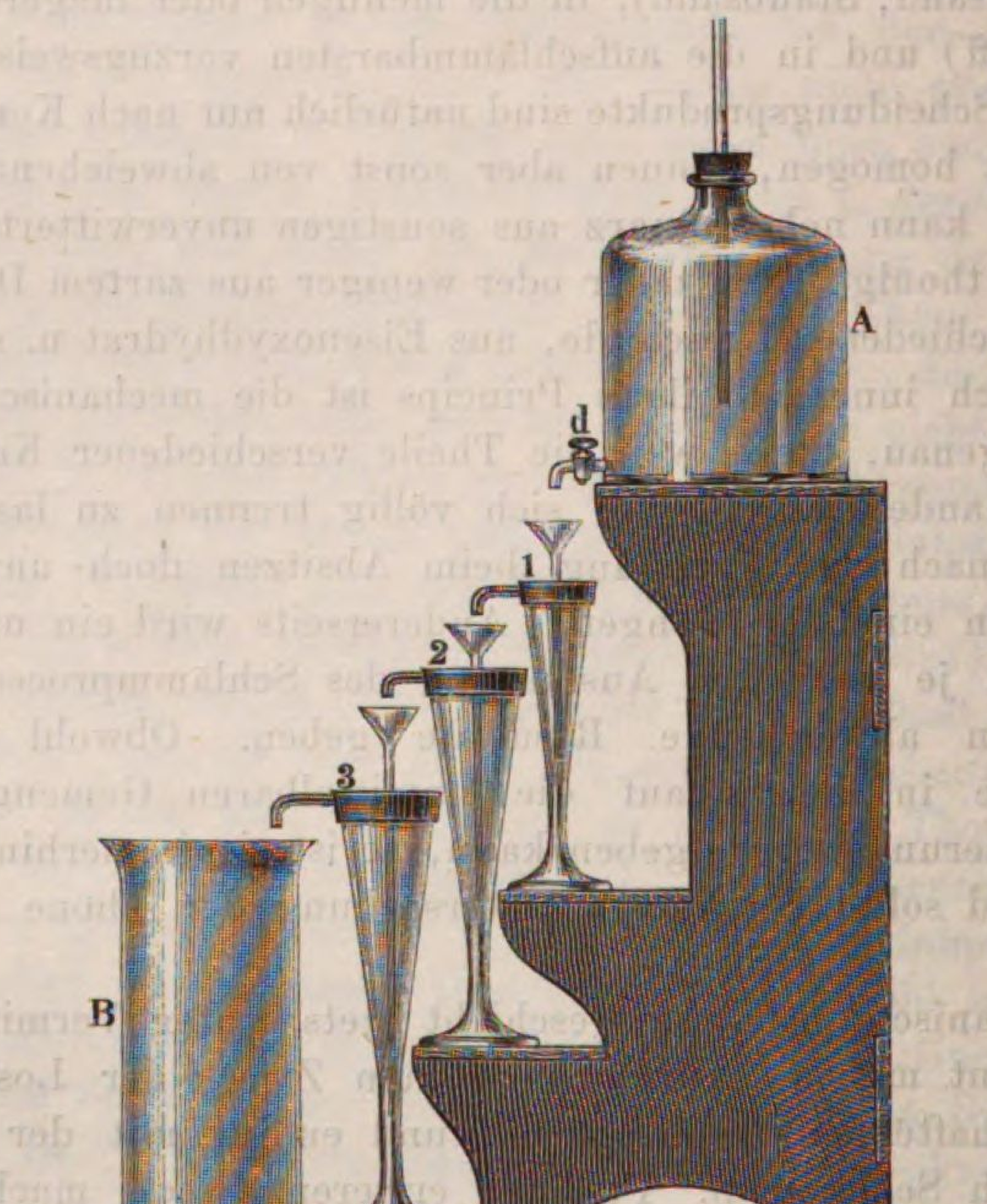
mehr, als ohne sie die Kenntniss des chemischen Bestandes kaum einen Werth hat. Leider bieten die mechanischen Gemengtheile der Thone in ihren Eigenschaften keinen Anhalt zu einer mit Schärfe durchführbaren Trennung, man muss sich daher mit einer Annäherung zur Wahrheit, mit einer Scheidung nach dem Grade der Zertheilung und Aufschlämmbarkeit der Theile begnügen, also mit einer Scheidung durch mechanische Analyse mittelst Schlämmen. Der Thon wird dadurch zerlegt in die gröbsten Gemengtheile, wie Steinstückchen, Pflanzentheile etc., ferner in solche von mittlerem Korn, wie der Sand von verschiedener Feinheit (Streusand, Staubsand), in die mehligen oder mageren Beimengungen (Schluff) und in die aufschlämmbarsten vorzugsweise thonigen Theile. Diese Scheidungsprodukte sind natürlich nur nach Korn und Aufschlämmbarkeit homogen, können aber sonst von abweichendster Natur sein; der Sand kann neben Quarz aus sonstigen unverwitterten Gesteintrümmern, der thonige Theil mehr oder weniger aus zartem Detritus, aus chemisch abgeschiedener Kieselerde, aus Eisenoxydhydrat u. s. w. bestehen. Aber auch innerhalb ihres Princips ist die mechanische Analyse niemals ganz genau, theils weil die Theile verschiedener Kategorie oft zu fest an einander haften, um sich völlig trennen zu lassen, theils weil sie sich nach der Trennung beim Absitzen doch unvermeidlich wieder etwas in einander mengen. Andererseits wird ein und derselbe Thon natürlich je nach der Ausführung des Schlämmprocesses in gewissen Grenzen abweichende Resultate geben. Obwohl daher die Schlämmanalyse in Bezug auf die unmittelbaren Gemengtheile der Thone nur Näherungswerthe geben kann, so ist sie immerhin von grossem Werth und sollte bei keiner Untersuchung der Thone unterlassen bleiben. Mechanische Analyse.

Die mechanische Analyse geschieht stets unter Vermittlung von Wasser, beginnt mit der Aufweichung zum Zweck der Loslösung der an einander haftenden Gemengtheile und endigt mit der Trennung derselben durch Schlämmen. Für den ersteren Zweck macht man den gepulverten Thon mit kaltem Wasser zu einem flüssigen Schlamm an, indem man mit einem hölzernen Stössel bei gelindem Drücken, um keine gröbere Theile zu zerknirschen, fleissig umrührt. Während dessen erhält man den Schlamm wenigstens eine halbe Stunde lang im Sieden. Ist Alles gehörig aufgeweicht und zertheilt, so lässt man den Schlamm durch ein Sieb, dessen Maschen die gröbste Beimengung eben noch zurückhalten und spühlt diese, also die Steinstücke u. s. w., mit etwas Wasser nach. Das durch das Sieb gegangene kommt nun zum Verschlämmen, am besten in den Schulz'schen Apparat, Fig. 150 (a. f. S.), und zwar in das Spitzglas (1). Man lässt aus dem Wasserbehälter *A* — dem man zweckmässig die Form der bekannten Mariotte'schen Flasche wie in der Abbildung giebt — Wasser durch den Hahn *d* in das Trichterrohr des Spitzglases (1) laufen. Indem dieses Trichterrohr nahe über dem Boden desselben mündet und das Wasser mit einer seiner Druckhöhe entsprechenden Fall-

Mechanische Analyse.

geschwindigkeit anlangt, hält es den Schlamm in steter Aufrührung, welcher nur die gröbsten Theile widerstehen. Diese allein setzen sich ab, alles Uebrige fliesst in das folgende Glas (2) ab. Dieses, sowie das folgende (3) sind stufenweise immer tiefer und von zunehmendem Durchmesser, zugleich ist die Fallhöhe des Zuflusses zu dem Spitzglas (1) grösser als bei (2) und (3). In Folge dieser Anordnung verliert das in den Spitzgläsern aufsteigende Wasser schon beim Einfluss in das Spitzglas (2) und (3), mehr noch beim Ausfluss aus denselben, wegen

Fig. 148.



des grösseren Durchmessers an Stosskraft; dadurch wird es den gröberen Theilen ermöglicht, sich abzusetzen, während nur das Feinere mit dem Wasser abfliesst. So erhält man in den Spitzgläsern drei Absätze von stufenweise abnehmender Feinheit, während die Flüssigkeit mit den feinsten aufschlämmbarsten Theilen aus dem dritten Spitzglas nur eben ablaufend, sich in dem vorgesetzten Becherglase *B* sammelt. Die Arbeit ist beendigt, wenn aus dem letzten Spitzglas klares Wasser abfliesst. Man sperrt nunmehr den Wasserbehälter, lässt die vier Schlämmprodukte sich vollends absetzen, giesst das überschüssige Wasser ab, bringt zur Trockne und wiegt. Meist beschränkt man sich auf nur drei Schlämmprodukte: Streu-, Staubsand und thonige Theile. Es liegt auf der Hand, dass man auch mit einem einzigen Spitzglas ausreicht, wenn man das

zuert abfliessende ein zweites und ein drittes Mal darin mit abnehmender Fallhöhe des Schlämmwassers nachschlämmt. Die Spitzgläser sind am Rande mit Messingeinfassung versehen, zum Anbringen der Abflussröhren.

Chemisches Verhalten.

Aus den Thonen im natürlichen Zustande zieht Wasser einen geringen Betrag löslicher Salze aus, am häufigsten alkalische Chlorüre, Chlorammonium, oder schwefelsauren Kalk, schwefelsaure Bittererde, schwefelsaures Natron, Alaun und Vitriol, salpetersaure Salze, aber es ist schwer, selbst mit kochendem Wasser den Thon völlig zu erschöpfen. Eine Zersetzung des Thons durch Wasser findet erst statt bei Rothglut (in verschlossenen Röhren unter Bildung von anderweitigen Verbindungen). — Verdünnte Salz- und Salpetersäure lösen mehr (der Auszug enthält kleine Mengen aller in dem Thon vorhandenen Basen mit Chlor, Schwefelsäure und Phosphorsäure), aber der Hauptbetrag bleibt ungelöst. Aehnlich, nur etwas eingreifender, wirken diese Säuren im concentrirten Zustande. Concentrirte Schwefelsäure dagegen, oder verdünnte, wenn man so lange erhitzt bis Dämpfe von Schwefelsäurehydrat weggehen, zersetzt den Thon vollkommen, indem sie alle gebundene Thonerde aufnimmt; die von der Thonerde abgeschiedene Kieselerde bleibt dann als in Alkalien lösliche Kieselerde zurück. — Ausnahmsweise kommen Thone vor, die sich in concentrirter Schwefelsäure im Ueberschuss fast ohne Rückstand auflösen, so z. B. gewisse Kaoline aus der Gegend von Passau. — Kohlensaure Alkalien entziehen dem Thon etwas Kieselerde in der Wärme, welche daher in löslicher Form vorhanden sein muss. Beim Kochen mit ätzenden Alkalien bildet sich kieselsaures Thonerde-Kali, welches sich zum Theil in der Lauge löst. Mit 5 bis 10 Theilen ätzendem Alkali geglüht, schmilzt der Thon unter völliger Aufschliessung.

Der plastische Bestandtheil.

Das Verhalten der Thone zu Schwefelsäure giebt ein Mittel an die Hand, die Menge der Kiesel- und Thonerde zu ermitteln, welche mit einander zu Thonerdesilicat verbunden sind. Zu dem Ende entzieht man dem Thon die a priori vorhandene lösliche Kieselerde durch kohlensaures Natron und behandelt den ausgewaschenen Rückstand mit concentrirter Schwefelsäure, so lange diese noch Thonerde löst. Dem ausgewaschenen zweiten Rückstand kann dann die von der Thonerde abgeschiedene Kieselerde wieder mit kohlensaurem Natron entzogen werden. Es bleibt dann nur die in dem Thon in unlöslichem Zustande, als Quarzsand u. s. w. vorhandene Kieselerde zurück. Man findet auf diese Art für die Zusammensetzung des Thonerdesilicates keineswegs immer denselben Werth, nicht bloss bei Thonen von verschiedener, sondern auch bei Thonen derselben Gattung. So fanden Brogniart und Malaguti das Verhältniss des Sauerstoffs der Kieselerde zu dem der Thonerde bei 31 Kaolinen verschiedenen Ursprungs 18 Mal wie 1 : 1, aber auch wie 2 : 1, wie 3 : 2, wie 4 : 5, wie 3 : 4, wie 2 : 3, selbst wie 1 : 2. Wiederum fanden Damour, Bischof, Mallet in den von ihnen untersuchten Kaolinen dieses Verhältniss wie 1 : 1; Forchhammer dagegen wie 3 : 4. In eini-

gen plastischen Thonen aus dem Nassau'schen ist jenes Verhältniss nach Fresenius wie 1 : 2. An diesen Abweichungen mag oft genug die Unvollkommenheit der Methode schuld sein, deren Ergebniss durch mancherlei ungünstige Einflüsse getrübt worden. Hierher gehört die Gegenwart von freier Thonerde in geringen Mengen, wenn sie vorkommt, wie wiederholt behauptet, aber doch nicht bewiesen ist; ferner Gehalt des Silicates an anderen Basen neben der Thonerde; endlich zu weit gegangene Aufschliessung, die sich auf Verbindung ausserhalb des Thonerdesilicates, feinzertheilte unverwitterte Bestandtheile u. s. w. erstreckt. Immerhin scheinen doch bei verschiedenen Thonen wirklich verschiedene zu Grunde liegende Thonerdesilicate zu bestehen. Denn dieses Thonerdesilicat ist stets mit Wasser verbunden, und der Betrag dieses Hydratwassers ist nicht minder starken Schwankungen unterworfen. Am häufigsten sind auf 1 Atom Thonerde 2 Atome Wasser vorhanden, aber auch, selbst bei Thonen derselben Gattung, bis zu 3 und 4 Atomen Wasser.

Die näheren Bestandtheile des Thons sind nach dem Obigen: kieselsaures Thonerdehydrat als der wichtigste, für die Eigenschaften und die Anwendung des Thons am meisten massgebenden; ferner andere Silicate, sowohl in Gestalt von Verwitterungsprodukten, als auch von unverwitterten Mineralresten; Kieselerde in unlöslicher Form (Quarz der Gesteine), und in löslicher Form; Eisenoxydhydrat, Kalk-, Bittererde und Alkalisalze, durch Absorption aufgenommen oder sonst beigemengt; endlich organische Substanz, eine sehr häufige Ursache der blauen, schwarzen, grünlichbraunen Färbung.

Elementarbestand.

Was den Elementarbestand anlangt, so trifft man ohne Ausnahme Kieselerde, Thonerde, Wasser, fast immer Eisenoxyde, Kalk, Bittererde, Alkalien, Ammoniak und organische Substanzen an. Dazu kommen oft Manganoxyde, Schwefelmetalle, Kohlensäure, Titansäure *), Phosphorsäure. Es liegt auf der Hand, dass die Menge dieser Bestandtheile je nach Ursprung und Bildung der Thone bedeutenden Schwankungen unterliegt. Die Kieselerde beträgt meist zwischen 50 und 70 Proc., die Thonerde zwischen 20 und 40 Proc., das gebundene Wasser zwischen 3 und 16 Proc., dergestalt, dass diese drei Stoffe den weit überwiegenden Theil, nemlich über 90 Proc., ausmachen. Nimmt man hinzu, dass die gebundene Kieselerde zwischen 20 bis 40 Proc. beträgt, so ergiebt sich, dass der Gehalt der verschiedenen Thone an gewässertem Thonerdesilicat meist die Hälfte bis $^4/_5$ des Gewichts ausmacht. Diese Zahlen geben nur die beiläufigen Mittelwerthe, nicht die äussersten.

In Bezug auf die Schlüsse aus der chemischen Analyse auf Natur

*) In gebrannten Steinen aus verschiedenen feuerfesten Thonen fand Riley 0,5 bis 1,05 Procent. Brett und Bird in Tiegeln aus Almeroder Thon sogar 3,5 bis 21 Procent, eine Angabe, die Wöhler wohl mit Recht bezweifelt.

und Werth des Thons ist nicht genug Vorsicht anzuempfehlen, wenn man nicht irre geleitet werden will. Der chemische Bestand der analysirten Probe wird kaum jemals dem mittleren Bestande des Thonlagers entsprechen. In ein und derselben äusserlich gleichen Thonschicht ist Verhalten und Beschaffenheit fast immer oben, unten und in der Mitte verschieden, eine Verschiedenheit, die oft bis ins Extreme geht. Dies weist oft schon die blosse Schlämmanalyse aus. So fand Th. v. Gohren in fünf auf einander folgenden Schichten eines mährischen Ziegelthons:

Elementarbestand.

	I.	II.	III.	IV.	V.	
a) in der Schlämmanalyse feinste thonige Theile	31,5	49,5	60,0	28,5	52,0	Proc.
b) in der chemischen Analyse Kieselerde (mit Ausschluss von Sand)	15,08	21,04	17,60	19,94	14,86	„
Thonerde	10,58	10,97	11,80	10,68	10,79	„

Bei den starken Abweichungen bei a) und b) kann die Uebereinstimmung der Werthe für Thonerde nur eine scheinbare sein.

Aehnlich Th. Werner in zwei durch keine Zwischenlagerung getrennten Schichten (I. und II.) einer Thonbank in Schlesien, sowie in einer darunter liegenden durch einen kalkhaltigen Sand getrennten Schichte (III.):

	I.	II.	III.	
Kieselerde	41,55	53,87	22,31	Proc.
Thonerde	37,22	34,36	24,81	„
Sand	12,24	1,13	49,26	„
Rest	8,99	10,64	3,62	„
	100,00	100,00	100,00	

Ferner in drei durch keinerlei Zwischenmittel getrennten Schichten (A. B. C.) feuerfesten Thon unmittelbar von (III.) überlagert:

	A.	B.	C.	
Kieselerde	54,27	65,72	64,19	Proc.
Thonerde	40,14	28,59	30,56	"
Rest	5,59	5,69	5,25	„
	100,00	100,00	100,00	„

Auch ein und dieselbe Schicht, wie schon hervorgehoben, ist nach ihrer horizontalen oder Flächenerstreckung keineswegs immer homogen. Endlich giebt die blosse Elementaranalyse kein Bild von der eigentlichen Constitution der näheren Bestandtheile; es kann daher kommen, dass Thone von ganz gleichem Elementarbestand in der Analyse, sich dennoch sehr abweichend verhalten.

Verhalten in der Hitze.

Der Thon hält seine natürliche Feuchtigkeit ziemlich hartnäckig zurück und verliert sie erst nach längerem Trocknen bei etwa 120° C. Ueber diesen Punkt hinaus erhitzt, verändert er sich zunächst nicht weiter, aber mit dem Eintritt der Glühhitze, oder kurz vorher, entwickelt sich abermals Wasser, es entbindet sich das Hydratwasser des Thonerdesilicats *). Der Verlust desselben ist mit eingehenden Veränderungen verbunden. Die Theilchen des Thons gewinnen mit der Entfernung des Wassers einen festen Zusammenhang, das Ganze bildet eine mehr oder weniger steinartige klingende, obwohl sehr poröse und unschwer zerreibliche Masse. In Wasser getaucht saugt sie dieses mit Heftigkeit und reichlich ein, aber das Thonerdesilicat nimmt sein Hydratwasser nicht wieder auf; der Thon hat seine Aufschlämmbarkeit und seine Bildsamkeit dauernd verloren und er behält seinen Zusammenhang und damit die Form, die man ihm vor dem Erhitzen gegeben. Dies ist die dritte Hauptgrundlage der Thonwaarenindustrie.

Brennen.

Mit dem Zustande der Entwässerung, in welchem der Thon „*gebrannt*“ heisst, ist die Reihe der Veränderungen noch nicht abgeschlossen. Thon bei eben hinreichender Temperatur gebrannt ist von den eben erwähnten Eigenschaften, von erdigem Bruch, ungemein porös und der Zusammenhang seiner Theilchen stärkerem Angriff von Frost und Wetter noch nicht gewachsen. Mit steigender Glühhitze wächst nun der Zusammenhang mehr und mehr, der Thon wird immer steinartiger, und indem die Theilchen näher rücken, verliert er an Porosität. In diesem stärker gebrannten Zustande ist der Thon daher härter, klingender, weniger saugend und hält sich Jahrtausende im Boden. Der Bruch ist jedoch immer noch mehr oder weniger erdig-porös.

In noch höherer Temperaturlage kommt die bis dahin nur eingeleitete Sinterung zum völligen Abschluss, die Porosität verschwindet, der erdige Bruch ist in einen geschlossenen, dichten, ebenen bis muscheligen Bruch übergegangen, die Härte bis zum Funkengeben am Stahl gestiegen, die Masse ist steinig dicht geworden. Zuletzt erfolgt wirkliche Schmelzung und Fluss. Bei niederer Temperatur gebrannter Thon ist leichter aufschliessbar durch Säuren als ungebrannter; scharf gebrannter gesinterter Thon gar nicht mehr. Die beiden letzten Erscheinungen — Uebergang in die dichte Masse, in „*Stein*“, wie man sagt, und die Schmelzung — erfolgen bei verschiedenen Thonen in sehr ungleichen Hitzgraden. Der Thon, wie man ihn zu gewöhnlichen Ziegeln verwendet, auch der meist zu den gemeinen Töpferwaaren dienende, schmilzt im Porzellanofen vollkommen zu schwarzem Glas, während der Thon zu kölnischen Pfeifen und Aehnlichem sich darin noch nicht oder kaum steinartig brennt. Viele Thone der Art widerstehen der stärksten

*) Sind organische Substanzen vorhanden, so zersetzen sich diese ebenfalls in höherer Temperatur, sei es, dass sie verbrennen, sei es empyreumatisch, dann oft unter Hinterlassung von Kohle.

Hitze der der Thonwaarenindustrie zu Gebote stehenden Feuerungen, und schmelzen selbst im Knallgasgebläse noch dickflüssig und unvollkommen.

Die Aenderungen, welche der Thon nach Verlust seines gebundenen Wassers in der Glühhitze erfährt, spiegeln sich sehr gut in den Veränderungen des specifischen Gewichts. Die derbe Thonsubstanz (abgesehen von Poren) verdichtet sich anfangs, verliert aber von der Sinterung bis zum Fluss wieder an Dichte, wie alle schmelzenden Körper. So fand Laurent für einen Kaolin im zerriebenen Zustande das specif. Gewicht: Schwindung beim Brennen.

bei 100° C.	150°	300°	bei der Rothglut		bei der Weissglut	
			kirschroth	lebhaft	schwach	heftig
2,47	2,53	2,60	2,70	2,64	2,50	2,48

Dagegen nimmt die Dichte ganzer Stücke durch den überwiegenden Einfluss der Abnahme der Poren (diese also eingerechnet) fortwährend zu. In die Sprache des Töpfers übersetzt heisst dies, dass der Thon nicht bloss beim Trocknen, sondern auch beim Glühen (Brennen) eine Schwindung durchmacht, welche mit dem Hitzgrad steigt und fällt, aber auch sehr mit der Natur des Thons für gleichen Hitzgrad wechselt. Man hat also die Trockenschwindung, die Schwindung im Brennen und die Gesammtschwindung. — Während manche Thone bei dem Brennen ihre Farbe ganz oder mit unbedeutenden Aenderungen beibehalten, wechseln die meisten im Feuer ihre Farbe auffallend, theils durch Bildung von Eisenoxyd und Eisenoxydverbindungen, theils durch Zerstörung organischer Substanz, theils durch die blosse Zunahme der Dichte. Im Allgemeinen wird die Farbe um so dunkler, je höher die obwaltende Glühtemperatur. Wiederum ist die Farbe im Innern einzelner Thonstücke, überhaupt wo sie vor dem Zutritt der Luft geschützt sind, anders als an der Oberfläche, z. B. im Innern grau, aussen braunroth; oder an bedeckten Stellen der Oberfläche hell, an freiliegenden dunkel.

Im Ganzen genommen sind die Aenderungen des Thons in der Glühhitze ein ungemein verlangsamter Uebergang von dem starren Zustande zum feurig-flüssigen, ein langhingezogenes Schmelzenwollen (Sinterung) bis zum Eintritt des wirklichen Flusses. Der Vorgang ist sehr zusammengesetzter Natur, und das Ergebniss vielfacher zusammenwirkender Ursachen. Einwirkung des Feuers.

Zunächst wirkt die Glühhitze auf die einzelnen Gemengtheile des Thons an sich. Gerade die Hauptbestandtheile sind aber theils ganz und gar im Feuer beständig, wie die freie Kieselerde, theils ausserordentlich strengflüssig; selbst beigemengte Theile von unverwittertem Feldspath

und ähnliche Silicate schmelzen erst bei ziemlich hoher Temperatur. Darum erfolgt mit dem blossen Brennen und noch lange nachher keine Sinterung. Aber bei einem gewissen Hitzgrade beginnt die Einwirkung der Gemengtheile auf einander, die Kieselerde macht ihre Verwandtschaft zu den verschiedenen vorhandenen Basen geltend, sie treibt die Säuren (Schwefelsäure, Salzsäure, Kohlensäure) derselben aus und bildet mit diesen und der Thonerde zusammengesetzte Silicate, welche schon weniger strengflüssiger sind, als die einfachen. Diese Umsetzung beginnt mit den Alkalien; der Kalk, das Eisenoxyd, die Bittererde folgen. Anfangs bilden diese Basen Silicate, die, allmählich auf das Thonerdesilicat einwirkend, in dieses eingehen. Es entstehen zusammengesetzte Silicate, welche stets leichtflüssiger sind, als das einfache Thonerdesilicat, also den Thon selbst immer leichtflüssiger machen. Zu diesem Zeitpunkt wirkt der noch vorhandene Ueberschuss von freier Kieselerde der Schmelzung entgegen, aber mit steigender Hitze geht mehr und mehr Kieselerde in die Verbindung ein; die anfangs basischen Silicate gehen in saure über, die wiederum leichtflüssiger sind. Die Kieselerde wirkt bei sehr hohen Hitzgraden selbst als ein Flussmittel.

Unterscheidung der Thone. Im praktischen Leben sind mancherlei Unterscheidungen der Thone nach ihrer Natur und Eigenschaft und besonders nach dem Hervorstechen der einen oder anderen üblich, die sich indessen nur in ziemlich unbestimmten und verwaschenen Grenzen ohne logisch durchgeführten Eintheilungsgrund bewegen.

Von der Unterscheidung in „magere“ und „fette“ Thone nach dem Grade der Bildsamkeit ist bereits die Rede gewesen. Nach dem Verhalten in der Glühhitze unterscheidet man ferner „feuerfeste“ und nicht feuerfeste, höchst relative Begriffe, denn streng genommen giebt es gar keinen feuerfesten Thon; feuerfeste nennt man im Allgemeinen diejenigen, die bei den höheren in der Ausübung vorkommenden Hitzgraden stehen, im Gegensatz zu denen, welche bei diesen Hitzgraden erweichen oder schmelzen. Dabei kommen übrigens noch mancherlei andere Nebenumstände in Betracht. Weit unbestimmter als die vorhergehenden sind andere, halb von dem Vorkommen, halb von der technischen Anwendung hergenommene Unterscheidungen: „Kaoline“ nennt man in der Regel auf ursprünglicher Lagerstätte vorkommende Thone, die sich mehr oder weniger weiss brennen und das Hauptmaterial für das Porzellan abgeben. Unter „plastischem“ oder „Pfeifenthon“ versteht man Thone älterer Ablagerung aus Wasser, namentlich der Stein- und Braunkohlenformation, meist ausgezeichnet an Bildsamkeit und Feuerbeständigkeit, zu irdenen Pfeifen, Steinzeug, Fayence und feuerfesten Thonwaaren dienend. Der Begriff von „Töpferthon“, höchst unbestimmt, umfasst jüngere Thone sehr wechselnder und gemischter Natur, nicht mehr feuerbeständig, aber noch ausgezeichnet bildsam. Bei dem Töpferthon machen sich die die eigentliche Thonsubstanz begleitenden Nebenbestandtheile schon sehr, aber doch nicht so stark, wie bei dem folgenden Thon geltend. „Lehm“ ist ein Thon der jüngsten Bildungen

des Schwemmlandes, mit starker Einmischung von Kalk und Eisenoxydhydrat, zu dem viel Sand und oft Pflanzenreste hinzukommen, noch ziemlich plastisch, aber ganz unbeständig im Feuer; das Material der gemeinen Ziegel. Thone mit sehr hervortretendem Kalkgehalt sind die „Mergel", wenn der thonige Bestandtheil noch vorherrscht, Thonmergel, wenn der kalkige vorherrscht, Kalkmergel genannt; wenig bildsam, wenig plastisch; zu Fayence gebraucht, sonst namentlich in der Landwirthschaft wichtig. Thone mit sehr hervortretendem Gehalt an Eisenoxyd sind „Röthel" und „Bolus", beide braunroth; mit Eisenoxydhydrat der „*Ocker*" gelb bis gelbbraun.

Brogniart theilte die Thone kurzweg in vier Hauptclassen: feuerfeste (Kaolin, plastische Thone), schmelzbare (Töpferthon, auch die Walkererde); kalkige Thone (Mergel, Lehm); endlich ockrige Thone (Röthel, Ocker). Natürlich giebt es eine Menge Thone, die sich ebensogut in die eine wie in die andere Classe einordnen lassen.

Eine streng wissenschaftliche Classification der Thone ist nicht wohl durchzuführen, insofern es nach der Entstehung derselben feste Gattungen und Arten nicht geben kann.

Die Töpferei.

Allgemeines.

Folgende Eigenschaften des Thons waren es, die als Grundlage der Herstellung der Thonwaaren bezeichnet wurden: seine Fähigkeit Wasser aufzunehmen und Wasser zu halten; sein Bindevermögen; seine Bildsamkeit; endlich der Verlust aller dieser Eigenschaften durch Brennen. Die Bildsamkeit macht es dem Thon möglich im Zustande von Teig jede Form zu geben; das Bindevermögen befähigt ihn, die Form im Trocknen beizubehalten. Zuweilen wird auch das Bindevermögen unmittelbar zur Formgebung in Anspruch genommen, durch Pressen von zermahlenem trocknen Thon. Durch Brennen gelangt man dahin, die so oder so dem Thon gegebene Form für immer festzuhalten, so dass er sie auch im Wasser nicht verliert. Formen der Thonwaaren;

Damit ist die Form der Thonwaaren zunächst gewonnen, aber einige andere nicht unwichtige Anforderungen kommen noch in Betracht: eine gewisse Farbe, eine bestimmte Dichte, Verhalten gegen Hitze und Temperaturwechsel. Diese Eigenschaften hängen theils vom Feuersgrad beim Brennen, theils vom mechanischen und chemischen Bestande ab. Bei mässiger Glühhitze geformte Thonwaare ist noch porös, durchdringlich Eigenschaften.

Eigenschaften der Thonwaaren.

für Flüssigkeiten, steht aber gut gegen Temperaturwechsel; war die Hitze streng, so fällt die Waare dichter aus, verliert zuletzt die Porösität, wird undurchdringlich für Flüssigkeiten, aber auch in der Regel empfindlich für Temperaturwechsel. Die poröse Beschaffenheit verträgt sich schlecht mit der Reinlichkeit, besonders bei Geschirren; man pflegt sie daher mit einer dünnen Schicht Glas oberflächlich zu überziehen, eine „*Glasur*“ aufzusetzen. Dieses Hülfsmittel ist nicht sehr verlässig, denn bei der weit verschiedenen Natur des Glases und der porösen Thonmasse, insbesondere der abweichenden Ausdehnung durch Wärme, entstehen nur allzuleicht Sprünge in der Glasur. Leichtflüssige Thone können nur bei mässiger Glühhitze gebrannt, also auch nur mit einer bei dieser Temperatur fliessenden versehen werden. Solche leichtflüssige Glasuren sind aber weich, leicht ritzbar und werden beim Gebrauch leicht angegriffen.

Bei steinartig dicht gebrannten Thonwaaren ist die Glasur in Bezug auf das Einsaugen nicht nothwendig; man setzt aber demungeachtet häufig eine Glasur auf, um der Oberfläche das Matte, Rauhe, zum Schmutzen geneigte zu benehmen. Das Brennen der Thonwaaren bis zur steinartigen Dichte kann man nur wagen bei Thonen, von denen man sicher ist, dass sie im Feuer nicht schmelzen. Ein anderes Mittel zur Beseitigung der Porösität sind die Zusätze von schmelzbaren Materialien zu dem Thon, Feldspath, Kalk (Kalksilicat bildend), phosphorsaurerer Kalk. Man erhält so Massen von dichtem, in der Regel gut gegen Temperaturwechsel stehendem mehr oder weniger durchscheinendem Scherben. Letzteres ist für das Auge empfehlend und zur künstlerischen Behandlung passend, insbesondere, wenn die Wirkung durch einen günstigen Farbenton unterstützt wird. Auch diese Gattung von Thonwaaren ist im Scherben matt, zum Schmutzen geneigt; bei plastischen Kunstgegenständen ist die matte Oberfläche meist vorzuziehen, bei Gebrauchsgegenständen giebt man der Oberfläche durch eine Glasur Glätte und Spiegel. Bei den feuerbeständigeren Massen der Art können die Glasuren sehr strengflüssig gewählt werden; aus diesem Grunde sind die Glasuren härter, schwerer ritzbar, auch ungleich weniger zum Springen und Reissen geneigt, insofern sie ungleich homogener zu dem ebenfalls mit einem glasartig schmelzenden Fluss versetzten Scherben sich verhalten. Weniger feuerbeständige Massen mit Zusätzen obiger Art („Fluss“) erhalten natürlich leichtflüssige weichere Glasuren.

Thonwaaren von porösem erdigen Bruch werden ebenfalls durch Zusätze verbessert, so mit gemahlenem Feuerstein, um sie härter, weisser und haltbarer zu machen. Sie werden dadurch zum Theil feuerbeständiger und tragen entsprechend härtere Glasuren.

Die Farbe der Thonwaaren hängt zumeist vom Thon ab; durch Mischen verschiedener Thone, auch wohl durch Zusatz von starkfärbenden Körpern und in kleinerer Menge, lassen sich die Farben verbessern oder eigenthümliche Farben hervorbringen. Für einen gegebenen Thon mit

oder ohne Zusätzen hängt die Farbe, die er annimmt, wieder von dem Hitzgrade und der Reaction der Flamme beim Brennen ab. Niedere Hitzgrade entwickeln andere Farben als hohe; meist ist die Farbe der Oberfläche anders, als die des Bruchs oder Scherbens. Durchsichtige Glasuren geben die Farbe des Thons, aber tiefer; mittelst undurchsichtiger weisser oder gefärbter Glasuren (Email) verdeckt man zuweilen die natürliche ungünstige Farbe der Masse. Weisse Massen sind am schwierigsten zu erhalten, ganz weisse nur durch die edleren Kaoline.

Der Thon und seine Zusätze erfahren entweder eine nur rohe oberflächliche Vorbereitung, oder diese ist von der Art, dass die Masse äusserst fein zertheilt, höchst gleichförmig gemischt erscheint. Darin beruht die Unterscheidung der Thonwaaren von „feiner" homogener und solcher von „roher" ungleichartiger Masse. In gewissen Fällen ist die Ungleichartigkeit eine durch den Zweck der Waare gestellte Forderung und dann absichtlich (Ziegel mit Sand, Chamottesteine etc.).

Die Thonwaaren werden, je nach ihrem Rang, mit verschiedenen Verzierungen in Farbe und metallischen Ueberzügen versehen, bald im Scherben, bald nur auf der Glasur, bald mit bald ohne plastische Darstellungen. Classification der Thonwaaren.

Je nach diesen verschiedenen Behandlungen entstehen zahlreiche Arten von Thonwaaren, mit vielen Unterarten, die sich bei gleicher Natur wieder in Zweck und Anwendung unterscheiden. Man hat sich neuerdings angelegen sein lassen, den Scharfsinn an einer peinlichen Unterscheidung und Speciesmacherei der Thonwaaren zu üben, etwa nach Art der systematischen Classification der Pflanzen und Thiere. So wenig wie bei den Thonen bestehen indessen bei den Thonwaaren überall feste Grenzen, und laufen solche Bestrebungen lediglich auf eine unnatürliche Zerrissenheit der Darstellung hinaus. Salvetat z. B. scheidet die Thonwaaren in 2 Classen, die erste mit 2 Ordnungen und zusammen 14 Gattungen; die zweite Classe mit 2 Ordnungen, 3 Familien und zusammen 60 Gattungen.

Die Hauptgrundzüge der Unterscheidung sind natürlich unentbehrlich um sich zurecht zu finden, und sind dazu die schon von Brogniart gegebenen mit wenigen Erweiterungen hinreichend.

I. Scherben geflossen, dicht, hart; Masse fein homogen.

A. Durchscheinend; a) strengflüssig.

1. Aechtes Porzellan; Kaolinmasse mit Kalk oder Feldspath als Fluss; harte bleifreie Glasur.

b) leichtflüssig.

2. Englisches Porzellan; Kaolinmasse mit Knochenasche als Fluss; weiche bleiische Glasur.
3. Französisches Fritteporzellan; Masse eine Art Glasfritte, weiche bleiische Glasur.

B. Nicht, oder kaum an den Kanten durchscheinend.

1. Feines Steinzeug; Masse homogen fein, meist mit Fluss, weiss, farbig und gefärbt, leichtflüssiger; mit und ohne, dann meist mit weicher bleiischer Glasur. Zuweilen lackirt.
2. Gemeines Steinzeug; Masse nicht immmer homogen, mit natürlichen Farben; meist ohne Glasur oder mit Anflug von Salzglasur. Strengflüssig.

II. Scherben porös, auf dem Bruch erdig, völlig undurchsichtig.

A. Masse fein, homogen; härter; strengflüssiger.

1. Feine Fayence (Steingut); durchsichtige bleiische Glasur; Scherben weiss.
2. Ordinäre Fayence. Scherben gefärbt, Emailglasur.
3. Ohne Glasur; Thonpfeifen.

B. Masse weniger fein, weich, nicht immer homogen, meist leicht-, selten strengflüssig.

1. Gemeine Töpferwaare; Scherben gefärbt; meist bleiische, durchsichtige, zuweilen emailähnliche Glasur.

C. Masse ungleichartig, weich.

1. Feuerfeste Thonwaaren, höchst strengflüssig, ohne Glasur; oft mit Graphit versetzt.
2. Ziegel und gebrannte Steine, weich, meist sehr leichtflüssig, zuweilen glasirt.

Culturgeschichtlicher Gang der Entwicklung.

Auf der einen Seite hat die Natur die Benutzung des überall verbreiteten Thons so nahe gelegt, dass alle Nationen schon auf einer sehr frühen Stufe der Gesittung die Töpferei selbständig erfunden haben. Auf der anderen Seite fanden die einzelnen Nationen im Fortschritt zu den höheren Stufen in ihrem geistigen und materiellen Leben öfter den Antrieb zu einer besonderen Ausbildung ihrer Töpferei mit dem breiten Stempel ihrer Landesbeschaffenheit, ihrer Kunstfertigkeit und ihres Geschmacks. So haben sich aus der allen Völkern gemeinen niederen Töpferei einzelne, bestimmten Völkern eignende Zweige der höheren Töpferei entwickelt: bei den Chinesen das Porzellan; bei den Arabern die Fayence. Mit der Ausbreitung des Verkehrs vollzog sich allmählicher Austausch, die specifischen Töpfereien wurden Gemeingut, und unter dem Einflusse anders begabter und entwickelter Völker in anderer Richtung und weiter ausgebildet: das Fayence durch die Engländer seit Wedgwood; das Porzellan durch die Deutschen und Franzosen. Dies ist der historische Stand der gegenwärtigen Thonindustrie.

Das harte Porzellan.

Die vollkommenste und trefflichste aller Thonwaaren, das harte Porzellan, gehört ursprünglich den Chinesen an, und ist, nach den geschichtlichen Quellen dieser Nation, etwa 2600 v. Chr. aufgekommen, mithin gegen 5000 Jahre alt. Nach Europa ist diese Waare verhältnissmässig erst spät, nemlich seit 1518 n. Chr. durch das damals an der Spitze des überseeischen Verkehrs stehende Volk, die Portugiesen, gekommen, deren Sprache aller Wahrscheinlichkeit nach die Bezeichnung „*Porzellan*" *) angehört. Sie brachten lediglich die Bekanntschaft mit der fertigen Waare, aber nicht das Mindeste über die Technik und Erzeugung derselben im Heimathland. In Ermangelung dieser Kenntniss war man in Frankreich auf eine Nachahmung, eine noch bestehende Gattung von Thonwaaren, das Fritteporzellan, gekommen, welche mit dem ächten das schöne Ansehen, aber keineswegs die übrigen Vorzüge gemein hat. Geschichte.

So abgeschlossen war das Reich der Mitte, dass das Geheimniss der chinesischen Fabrikation erst nach mehr als 300 Jahren in Europa offenbar wurde. Schon lange vorher war es aber gelungen, diese Fabrikation daselbst nachzuerfinden.

Die Nacherfindung, zu Anfang des vorigen Jahrhunderts in Deutschland aufgetaucht, hängt auf merkwürdige Weise mit zwei anderen einander sehr unähnlichen culturgeschichtlichen Erscheinungen zusammen: dem alchemistischen Treiben und dem Perrückenwesen.

Der deutsche Erfinder, Johann Friedrich Bötticher, 1682 zu Schleitz im Voigtlande geboren, ein Sonntagskind, war schon in seiner Jugend den alchemistischen Bestrebungen nahe gekommen: zunächst bei seinem nach Magdeburg als Münzbeamter übergesiedelten Vater, dann bei seinem Prinzipal in der Zorn'schen Apotheke in Berlin, in welcher er nach mehrjährigen Reisen in Sachsen im Jahre 1701 als Bediensteter auftrat. Dort mit dem berühmten Alchemisten Laskaris vertraut geworden, verleitet ihn sein Ehrgeiz nach einigen gelungenen Versuchen die Rolle eines Adepten zu spielen. Er erwirbt sich als solcher einen gefährlichen Ruf, wird eine wichtige Person und Gegenstand der finanziellen Speculation gekrönter Häupter, die ihn der Freiheit berauben, um von seiner Kunst Gewinn zu ziehen. So zuerst in Preussen. Er flieht, ohne diesem Schicksal zu entgehen, von da nach Sachsen und wird dort zweimal in Dresden und inzwischen zweimal auf dem Königstein in Gewahrsam gehalten. In Dresden hatte man ihn anfangs in das Laboratorium von Tschirnhaus, einem tüchtigen Physiker und Mineralogen, gesteckt, der

*) Die Ableitung ist noch einigermassen dunkel, man hat jedoch guten Grund anzunehmen, dass das Wort Porcellana ursprünglich eine Muschel (Art Cypraea) bezeichnet und nach der Aehnlichkeit des Ansehens auf die chinesische Thonwaare übertragen ist.

Geschichte. an der Erfindung des Porzellans nicht unwesentlich betheiligt ist. In diesem Laboratorium beschäftigte sich Böttícher, anstatt mit der Goldmacherei, die er nicht verstand, mit der Erfindung des Porzellans. Nach einiger Zeit gelang es ihm, aus einem rothen Thon, den er in Tschirnhausen's Laboratorium vorfand, eine Masse herzustellen, die bereits die wichtigsten Eigenschaften mit dem chinesischen Porzellan gemein hatte: dichten, gesinterten, sehr harten Scherben und Beständigkeit gegen Temperaturwechsel. Die Masse war verschieden von Steinzeug, aber zum Porzellan fehlte der durchscheinende Scherben, die Glasur, die Bötticher durch Schleifen ersetzte, und die weisse Farbe, denn seine Geschirre waren rothbraun. Die Versuche wurden fortgesetzt, zunächst auf dem Königstein, wo man ihm wiederum ein Laboratorium eingeräumt und Tschirnhausen beigegeben hatte; später zu Dresden in einem dritten eigens für Bötticher auf der Jungfernbastei errichteten Laboratorium. Um auf dem betretenen Wege zum Ziel zu kommen, gebrach es an der Hauptsache, an dem geeigneten Thon. Man konnte a priori nicht wissen, dass die Herstellung des chinesischen Porzellans eine eigene und ganz bestimmte, für diesen Zweck ganz und gar unentbehrliche Art von Thon, den Kaolin, voraussetzt, der damals ohnehin in Europa noch nicht bekannt war.

Um diese Zeit hatte man angefangen, eine zufälliger Weise von dem Fabrikbesitzer Schnorr von Carolsfeld bei Aue im Erzgebirge aufgefundene *) blendend weisse Erde heimlich als billiges Ersatzmittel des Puders aus Weizenstärke zu verwenden. Dieser neue Puder fand seinen Weg durch den mit der Sorge für die Perrücke betrauten Bedienten zu dem gefangenen Adepten, dessen scharfer Blick alsbald aus dem eigenthümlichen Gewicht die mineralische Natur, aus der weissen Farbe in diesem Stoff das taugliche Material zu chinesischem Porzellan erkannte. Die angestellten Versuche bestätigten vollkommen die Erwartung mit der Herstellung des ersten harten Porzellans auf europäischem Boden im Jahre 1709.

Die anfängliche Milde von Bötticher's Zwingherrn, des Kurfürsten von Sachsen (August II. von Polen), war inzwischen in herbe Ungnade umgeschlagen, seine Ungeduld nach der goldenen Ernte dem vermeinten Adepten bedrohlich, von denen mehr als einer in gleicher Lage am Galgen geendigt hatte. Bötticher erkaufte die Verzeihung des Machthabers bei dem Geständniss seiner Unfähigkeit Gold zu machen, mit der neuen Erfindung; er hatte das Glück, einer vollen Würdigung ihrer Wichtigkeit zu begegnen. Der Erfolg war die Errichtung der ersten Fabrik auf der Albrechtsburg in Meissen und der Ernennung Bötticher's zum

*) In den bezüglich der Geschichte des Porzellans erhobenen Daten herrscht einiger Widerspruch. So setzen Einige das Geburtsjahr des Erfinders auf 1685. Für die Auffindung des Kaolins wird wohl irrthümlich das Jahr 1711 angegeben.

Director im Jahre 1710 daselbst, wo er im Jahre 1719 im 35. Lebensjahre starb.

Bei der grossen Wichtigkeit, die man der Erfindung gleich anfangs beilegte, umgab man die Meissner Fabrik mit dem tiefsten Amtsgeheimniss und allen Schrecken drakonischer Verordnungen. Wie immer, so steigerte auch hier die Strenge den Preis der Bestechungen, und Defraudation war auf die Dauer nicht zu hindern. Im Jahre 1720 verpflanzte ein so gewonnener Werkmeister, Stölzel, die neue Kunst nach Wien, im Jahre 1740 ein anderer Namens Ringler nach Höchst im Kurfürstenthum Mainz. Wenige Jahre darauf ging sie, immer auf demselben Wege der Bestechung, nach Fürstenberg im Braunschweigischen über. Wiederum gründete im Jahre 1756 Ringler die Anstalt in Nymphenburg bei München, und im Jahre 1775 die in Frankenthal in der bairischen Pfalz. Schon vorher, nemlich 1750, errichtete ein gewisser Wegeli die erste Berliner Fabrik. Auch im Auslande, in Petersburg, Kopenhagen, tauchten um diese Zeit ähnliche Anstalten auf.

Entwicklungsgang.

Die so entstandenen Porzellanfabriken waren bis in die ersten Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts herein ausschliesslich Bestandtheile der fürstlichen Hofhaltungen und dienten mehr dem Luxus als dem täglichen Bedürfniss. Sie entwickelten übrigens unter ihrer meist einsichtsvollen und erfahrenen Leitung eine ausgebildete von der Chinesischen völlig unabhängige Technik, die sich merkwürdiger Weise mit der letztern übereinstimmend erwies, als diese 1851 durch die Franzosen in Europa bekannt wurde. Diese Technik war das werthvolle Erbtheil, welches die Privatindustrie antrat, als die Porzellanfabrikation sich allmählich von den Höfen emancipirte. Durch Entdeckung neuer Kaolinlager, durch Einführung der billigeren Steinkohlen an die Stelle des Holzes, sowie durch Aufsuchung bequem gelegener Oertlichkeit mit billigstem Arbeitslohn, überflügelte sie alsbald die Mutteranstalten, dem Wettbewerb mit denselben vollkommen gewachsen, an Ausdehnung und Billigkeit des Erzeugnisses. In den letzten Jahrzehnten ist die Privatindustrie zu einer weiteren Stufe durch Theilung der Arbeit vorgeschritten, insofern sich die Fabrikation mehr und mehr in einzelne Zweige, in das Fach der Geschirrfabrikation, in Fabrikation von Puppen und Puppenköpfen, von Pfeifenstummeln u. a. m. auflöste.

Begriff.

Das harte Porzellan, chinesischer wie europäischer Fabrikation, besteht jederzeit aus drei Hauptgemengtheilen: aus dem Thon, aus dem Quarz und aus dem Flussmittel. Nur eine einzige Art von Thon ist zu Porzellan anwendbar, der Kaolin; strengflüssig, bei der Temperatur des Porzellanbrandes höchstens sinternd, sich völlig oder nahezu weissbrennend. Unter Flussmittel versteht man diejenigen Zusätze, die für sich oder mit einem Theil des Quarzes im Porzellanfeuer in Fluss kommen und zu einem strengen, farblosen Glase schmelzen. Als Flussmittel wendet man theils Feldspath oder feldspathhaltige Materialien, theils reinen Kalk (Gyps und Marmor) an. Die ersteren schmelzen für sich, aber auch

noch mit einem beträchtlichen Zusatz von Quarz im Porzellanfeuer; der Kalk nur dadurch, dass er eine bestimmte Menge Quarz zu einem glasigen Fluss aufnimmt. Der dritte Zusatz, der Quarz, soweit er nicht als Flussmittel wirksam ist, dient zur Verminderung der Schwindung und des Verziehens im Feuer, namentlich dazu, das Porzellan mehr durchscheinend zu machen. Kaolin und Flussmittel, z. B. Feldspath, geben für sich ebenfalls Porzellan, aber eine zu dichte, kaum durchscheinende, weniger gefällige Masse.

Für viele Kunstsachen und dahin einschlagende Gegenstände erhält das Porzellan keine Glasur und führt dann die höchst unlogische französische Bezeichnung „*Biscuit*“ *); die übrigen Waaren, namentlich die des täglichen Gebrauchs, Geschirre u. s. f., erhalten eine Glasur.

Wesen des Porzellans.

Es gehört zu den unterscheidenden Merkmalen des harten Porzellans, dass diese Glasur von derselben Natur und Mischung wie das Flussmittel, also diesem homogen und nur etwas leichtflüssiger ist. Durch diese Eigenschaft ist sie inniger mit dem Scherben verbunden und sehr wenig geneigt, durch äussere Einflüsse (Temperaturwechsel) sich von dem Scherben abzulösen oder Risse zu bekommen. Indem sie ferner gleichen Bestand mit dem Flussmittel hat, aus Feldspath oder Kalk mit Quarz und etwas Kaolin hergestellt ist, ist sie auch strengflüssiger und härter, d. h. schwieriger ritzbar als bei irgend einer anderen Thonwaare. Endlich gehört es zu den unterscheidenden Eigenthümlichkeiten des harten Porzellans, dass Scherben und Glasur stets in einem und demselben Brande gar gebrannt werden. Allerdings kommen die zu glasirenden Waaren zweimal ins Feuer, aber der erste nur ganz schwache Brand („*Verglühen*“) ist kein unwesentlicher und dient nur als Unterstützung zum Auftragen der Glasur.

Das harte Porzellan ist demnach anzusehen als eine thonig-quarzige Grundmasse, die sich im Feuer mehr oder weniger porös brennt, getränkt mit dem geschmolzenen Flussmittel, „Fleisch und Bein“ wie die Chinesen sagen. Diese Mischung von thoniger Grundmasse und Fluss verleiht dem Porzellan einen ausgezeichneten Widerstand gegen Temperaturwechsel, eine grosse Härte und beträchtlichen Widerstand gegen chemischen Angriff. Alle diese Vorzüge, von der Glasur getheilt, bilden mit der weissen Farbe und durchscheinenden Beschaffenheit den hohen Werth dieser edelsten der Thonwaaren.

Die Materialien.

Der Kaolin.

Wie sich aus dem Vorhergehenden ergiebt, ist das wesentlichste, weil ausschliesslich Porzellan bildende Material, der Kaolin. Mit dem

*) Biscuit, wörtlich: was zweimal gebrannt ist; ein zweimaliger Brand findet aber hier am allerwenigsten statt.

Begriff Kaolin verhält es sich ähnlich wie mit dem Begriff Thon: die Kaoline, durch gewisse gemeinsame Charaktere zusammengefasst, bieten unter sich unzählige Abweichungen. Während sie die Eigenschaft, sich mehr oder weniger weiss zu brennen und den Ursprung aus gewissen Felsarten gemein haben, so weichen sie doch unter einander eben so sehr ab, als diese Felsarten in ihrer Natur und ihrem Vorkommen. Nicht bloss die Kaoline der verschiedenen Fundorte sind verschieden, sondern auch oft genug die derselben Fundorte, ja ein und derselben Grube. Die Gruben von Passau liegen im engen Umkreise, aber selten liefern zwei Gruben den gleichen Kaolin; die Verbraucher haben in diesem District unter 10 bis 15 schon äusserlich sehr ungleichen Arten zu wählen. Selten trifft man Kaolin auf secundärer Lagerstätte, wie im Thüringer Walde, wo er als Bindemittel eines eigenen Sandsteins vorkommt und in grossem Umfang ausgebeutet wird; sonst immer auf ursprünglicher Lagerstätte. Manche Kaoline sind zart, fett anzufühlen, weich, leicht zusammenballend; manche sind umgekehrt kurz und lose; noch andere bilden zusammenhängende mit dem Messer schneidbare Bruchstücke und Massen. Die meisten knirschen beim Zerreiben, einige nicht. Während einige Kaoline blendend weiss und sehr homogen erscheinen, sind andere mehr oder weniger gelblich bis ins Lehmfarbige *); mitunter wechseln weisse und missfarbige Stellen ohne Regel; gewisse Sorten sind sehr regelmässig mit schwarzen Punkten durchsetzt. Bei allen Kaolinen ist sowohl Bildsamkeit als Bindevermögen (s. S. 283) im Allgemeinen schwach, aber auch in dieser Beziehung walten grosse Unterschiede. — Im Schlämmen zerfallen die Kaoline fast ohne Ausnahme in den feinen thonigen Theil und in den gröberen Rückstand und beide Gemengtheile sind bei den Kaolinen verschiedenen Ursprungs sehr abweichender Natur. Namentlich gilt dies für den gröberen Rückstand: dieser ist zuweilen nur Kaolin in Körnern, meist aber ganz heterogener Natur, sandig, aus unverwitterten Gesteinstrümmern, Feldspath-, Quarzkörnern, Glimmer etc. bestehend. — Alle Kaoline sind insofern feuerfest, als sie im Feuer des Porzellanofens nicht schmelzen, aber sie verhalten sich dabei sehr verschieden. Am gewöhnlichsten brennen sich die Kaoline darin zu einem sandigen Mehl oder doch zu einer wenig zusammenhängenden leichtzerreiblichen sandig anzufühlenden Masse. Einige, wie gewisse Passauer Kaoline, geben im Feuer geradezu Porzellan nur dicht und kaum durchscheinend. Während die besseren eine blendend weisse Farbe im Feuer annehmen, zieht sich die der geringeren mehr und mehr ins Gelbe oder Graue, Schmutzigweisse; die schlechtesten nehmen in Folge von gröberen schmelzbaren Einschlüssen oft ein pockiges Ansehen an von linsen- und erbsengrossen schmutzfarbigen Schlackentropfen. Soweit ist nur vom rohen Kaolin die Rede; selbstverständlich ist das Verhalten im Feuer anders und zwar

Der Kaolin; Eigenschaften.

Verhalten beim Schlämmen

im Feuer.

*) Bei Billom im Departement Puy-de-Dôme kommt ein rosenrother Kaolin vor.

günstiger, wenn eine Schlemmung vorausgeht und die groben, in der Regel auch unreinen und gewöhnlich schmelzbaren Beimengungen abgeschieden werden.

Chemisches Verhalten.

Die Abweichungen im physikalischen Verhalten der Kaoline lassen von vornherein grosse Verschiedenheiten im chemischen Verhalten und Bestand erwarten. Wie schon Seite 269 erwähnt, sind gewisse, aber selten vorkommende Kaoline ganz und gar in concentrirter Schwefelsäure auflöslich (wie manche Passauer); die übrigen nur sehr theilweise. Fast alle Kaoline geben an kohlensaure Alkalien lösliche Kieselerde ab. Nach Entfernung derselben lassen sich durch auf einander folgende Behandlung mit concentrirter Schwefelsäure und ätzendem Alkali diejenigen Antheile Kieselerde und Thonerde ausziehen, die als eigentliche Thonsubstanz, sogenannter „*plastischer*“ Antheil, vorhanden sind. Es bleibt dann ein mehr oder weniger beträchtlicher, durch Säure nicht aufschliessbarer Rückstand, meist unverwitterte Gesteinstrümmer, Feldspath und dergleichen. Nach diesem Verfahren, welches wenigstens von der Wahrheit nicht zu entfernte Werthe gestattet, haben Brogniart und Malaguti 31 Kaoline sehr verschiedenen Ursprungs untersucht. Sie fanden den plastischen Theil in sechs Fällen zwischen 30 und 50 Proc., sonst zwischen 60 bis 90 Proc. Der in Säuren unaufschliessbare Rückstand betrug in wenigen Fällen nur verschwindende Mengen, sonst 20 bis gegen 50 Proc.; wo dieser Rückstand mehr beträgt (z. B. 68 Proc. in einem Fall) kann man das Material füglich nicht mehr Kaolin nennen. Die im Kaolin von Natur enthaltene lösliche Kieselerde überstieg in keinem Fall 12 Proc., ist aber oft nur in Bruchtheilen von Procenten, zuweilen auch gar nicht vorhanden.

Chemischer Bestand.

So wenig wie eine Felsmasse in ihren verschiedenen Richtungen gleichförmig ist, eben so wenig pflegen dies die Kaolinlager zu sein, weder in der äusseren Beschaffenheit, noch in dem chemischen Bestande. Es ist nach dem Obigen sehr begreiflich, dass der chemische Bestand nicht nur bei Kaolinen verschiedener Fundorte, sondern auch verschiedener Gruben desselben Fundortes und sogar derselben Grube in verschiedenen Teufen, oder was dasselbe sagen will, verschiedener Jahrgänge der Förderung wenig übereinstimmen oder stark abweichen. Folgende Beispiele geben dazu nähere Belege:

Die Analysen Nro. 1 bis 7 einschliesslich, von Knaffl, sind Förderungen verschiedener Jahrgänge derselben Fundorte, vielleicht derselben Grube:

Chemischer Bestand.

	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
	Passau.			Zettlitz in Ungarn.		Feistritz in Steiermark.	
	1858	1859	1860	1858	1859	1860	1861
Kieselerde	48,21	51,02	46,59	40,89	42,31	53,87	50,78
Thonerde	31,02	31,11	36,54	39,22	38,67	28,12	33,05
Eisenoxyd	0,91	1,05	0,69	1,01	1,02	0,71	1,61
Kalk	0,47	1,63	3,02	1,04	0,45	0,29	1,77
Bittererde	Spur	Spur	1,28	1,27	0,43	Spur	Spur
Kali	3,42	0,81	1,32	1,92	3,52	2,72	3,04
Wasser	16,01	14,23	9,69	13,95	13,24	14,14	10,51
	100,04	99,85	99,13	99,30	99,64	99,85	100,76

Die Analysen Nro. 8, 9 und 10 sind von Sommaruga, von Kaolinen zweier bereits in voriger Tabelle vorkommender Fundorte; die Nro. 10 und 12 von Terreil, spanische Kaoline, sind als ein Beispiel seltener Reinheit und ungewöhnlich hohen Gehalts an gebundenem Wasser hierher gesetzt.

	8.	9.	10.	11.	12.
				Capo Dogata.	
	Passau.		Zettlitz.	Almanzor.	Moabdil.
Kieselerde	45,62	44,90	45,96	47,17	37,99
Thonerde	36,04	34,29	37,97	30,13	31,07
Eisenoxyd	0,78	0,85	0,83	Spur	Spur
Kalk	0,39	1,23	0,20	Spur	Spur
Bittererde	0,02	0,27	0,44	Spur	Spur
Kali	0,45	0,59	1,00	Spur	0,98
Natron	0,31	0,39	0,65	1,32 *)	1,60 *)
Wasser	16,28	16,85	14,21	22,31	28,30
	99,89	99,37	101,26	100,93	99,94

*) Chlornatrium.

Ausser den in obigen Tabellen aufgeführten Körpern, welche den gewöhnlichen Bestand der Kaoline ausmachen, kommen sehr häufig, aber in untergeordneten Beträgen, noch kohlen- und schwefelsaure Salze der alkalischen Erden, auch Chlornatrium, Mangan, etwas organische Substanz, dann kleine Mengen von Vanadin und Titan vor. In dieser Beziehung ist zu beachten, dass der Gehalt an Alkali schon in geringen Mengen die Feuerbeständigkeit benachtheiligt; kaum bedenklich, obwohl ähnlich, ist die Wirkung von kohlensaurem und schwefelsaurem Kalk. Die schwarzen Punkte der schon S. 283 erwähnten Arten Kaolin sind ein höheres mit Chlorwasserstoff Chlor entwickelndes Oxyd des Mangans und insofern ganz unschädlich, als sie im normalen Brand zu Manganoxydul werden und verschwinden. Von Eisenverbindungen kann man nicht dasselbe sagen; welcher Art sie auch sein mögen, so geben sie beim Brennen des Porzellans eine schwarze Oxydulverbindung, von sehr intensiver Färbung, so dass ein geringer Eisengehalt in der Masse vertheilt, sich schon durch einen hässlichen grauen Stich bemerklich macht.

Wahl. Wie man sieht ist die Auswahl des Kaolins, d. h. die Beurtheilung seines Werthes keine leichte Sache. Neben dem Ansehen, der chemischen Prüfung, ist die Schlämmprobe und das Brennen von rohen und geschlämmten Proben im Porzellanfeuer unentbehrlich und mit jeder Anlieferung, auch von derselben Bezugsquelle und Grube, zu wiederholen. Für die Verfrachtung bei grösseren Entfernungen ist ein Augenmerk auf den Wassergehalt des frisch geförderten grubenfeuchten Kaolins zu richten. Es ist dann gerathen ihn an Ort und Stelle zu trocknen, um so mehr, als er wenig hygroskopisch, seine Feuchtigkeit leicht an die Luft abgiebt. Wo der Kaolin Handelswaare geworden, wie heutzutage häufig, pflegt man ihn nicht nur trocken, sondern auch durch Aufbereitung vorher von den steinigen und von den sonstigen gröberen Beimengungen zu befreien.

Aufbereitung. Diese durch Aufbereitung abscheidbaren Beimengungen sind nemlich häufig ganz verschiedener Art, theils unverwitterte steinige, theils mehr oder weniger verwitterte erdige. Die ersteren meist, wo nicht in der Regel, nutzbar. Lage der Fabrik, Frachtkosten und ähnliche Umstände müssen für den einzelnen Fall entscheiden, ob man den Kaolin aufbereitet oder roh bezieht. Aber wie die Entscheidung auch fallen mag, die Aufbereitung, namentlich das Schlämmen, kann niemals ohne Nachtheil unterlassen werden, auch dann nicht, wenn der rohe Kaolin ohne weiteres mit den nöthigen Zusätzen ein völlig weisses Porzellan liefert. Diese Regel ist durch die wichtigsten Erfahrungsgründe geboten. Zunächst ist es unmöglich, den Versatz an Fluss und Quarz zu bestimmen, ohne zu wissen, wieviel Feldspath, Sand u. s. w. die rohe Porzellanerde schon an sich enthält. Dann hat die Schlämmung auch den wichtigen Zweck, dem Kaolin die alkalischen Salze möglichst zu entziehen, welche der Masse die gehörige Feuerbeständigkeit benehmend, Verziehungen und Formverwerfungen der Waare, also grossen Verlust zur Folge haben.

Nur ganz ausnahmsweise ist der rohe Kaolin hinreichend homogen und frei genug von färbenden Beimengungen, dass er unmittelbar verarbeitet werden könnte.

Der frisch geförderte Kaolin ist sehr feucht (Passauer enthalten bis 30 Proc. Wasser). Durch Ausbreiten auf einem reinen, gegen Luftzug zugänglichen, aber gegen Staub geschützten Boden in dünner Lage, wird er ziemlich rasch lufttrocken (mit 6 bis 10 Proc. Feuchtigkeit), so dass man ihn zu Mehl zerdrücken und absieben kann. Zum Zerdrücken dienen entweder Handwalzen von Stein von der Einrichtung wie die Gärtnerwalze, von den mit reinen Holzschuhen versehenen Arbeitern über den ausgebreiteten Kaolin hin und her gezogen; oder besser Kollermühlen von Stein und in Holzkasten aufgestellte Cylindersiebe von Messingdraht, welche nur das feine Mehl durchlassen. Man erhält einen Rückstand von Gesteinstrümmern in sehr wechselnden Mengen, je nach der Natur des Kaolins (bei den Passauer Kaolinen nur etwa 2 bis 3 Proc. des lufttrockenen Materials) und das abgesiebte Mehl, welches im Wasser leicht zertheilbar, zum Schlämmen kommt. Wie sich von selbst versteht ist das Sieben nicht in allen Fällen nöthig; es folgt mitunter auch das Schlämmen unmittelbar nach dem Mahlen, so bei den Kaolinen des Thüringer Waldes, wo der Kaolin als Bindemittel eines mürben Sandsteins vorkommt und keine Gemengtheile ausser Quarzsand vorhanden.

Feuchtigkeit.

Sieben.

Zum Schlämmen dienen stufenweise neben- und übereinander aufgestellte Kasten oder Bottiche; die Kasten hat man beim Schlämmen in den Gruben, beim Schlämmen in den Fabriken meist Bottiche; beide in der Regel von Holz, obwohl damit erhebliche Uebelstände verbunden sind. Beim Bearbeiten des Kaolins mit den Rührwerkzeugen lösen sich stets Späne von dem im Wasser erweichenden Holz; ausserdem fault das Holz unter dem Einflusse des immer längere Zeit in den Behältern liegenden Thonschlamms ungewöhnlich rasch; hölzerne Gefässe dauern daher nicht lange, es entstehen leicht Lecke, und droht vermehrte Verunreinigung des Kaolins. Schlämmgefässe von Zinkblech sind daher vorzüglicher. Ein zweites wichtiges Erforderniss ist möglichst reines, namentlich klares Wasser in reichlicher Menge. Trübungen, lehmige Theile u. s. f., aber auch manche gelöste Salze werden von den Kaolinen aufgenommen; karger Wasserzufluss ist schon an sich eine Ursache mittelmässigen Erfolges. Die Aufstellung der Schlämmgefässe muss der Art sein, dass das Wasser durch den freien Fall von dem obersten in das mittlere, von diesem in die untersten — denn dieser sind mehrere — frei ablaufen kann. Der oberste Bottich empfängt das frische Wasser und den zu schlämmenden Kaolin; ein Arbeiter mengt diese mit dem Rührscheit möglichst gleichmässig zusammen; im Anfang sucht er die ganze Masse des Kaolins mit dem Wasser zu mengen, je mehr sich aber der Bottich mit dem zuströmenden Wasser füllt, um so mehr bewegt er nur die Flüssigkeit in einem gewissen Abstande über dem Boden. Auf diese Weise kann sich das Grobe am Boden sammeln, während der

Schlämmen.

Schlämmen. reinere Kaolin im Wasser schweben bleibt. Man lässt die Thonmilch dann durch einen Zapfen oder Hahn, einige Zoll über dem Boden in den zweiten nächst tieferen Bottich, aber nicht unmittelbar, sondern durch ein feines Sieb einlaufen. Es scheiden sich nemlich auch Unreinigkeiten, namentlich Holzspäne und dergleichen, auf der Oberfläche der Thonmilch ab, die das Sieb zurückhält. Im zweiten Bottich lässt die Thonmilch abermals Schlämmsatz und zwar von feinerem Korn fallen. Durch einen Hahn lässt man die „klare“, d. h. von Bodensatz freie Thonmilch in die unteren Sammelbehälter, worin sich der geschlämmte Kaolin absetzt. Dieses Absetzen findet nur sehr langsam, wie bei allen Thonen, statt. Für die Scheidung des Schlämmsatzes sehr förderlich, erschwert diese Langsamkeit die Scheidung des feinen Kaolins vom überschüssigen Wasser, welche jedenfalls mehrere Tage erfordert. Aus diesem Grunde hat man immer mehrere Sammelbehälter nothwendig, um die nöthige Zeit zu gewinnen. Auch beim Füllen der Sammelbehälter ist es rathsam, die Thonmilch nochmals durch ein Sieb gehen zu lassen und zwar ein feineres; denn für den mittleren Behälter muss das Sieb jedenfalls noch fein genug sein, um den in diesen Behälter übergehenden feinen Schlämmsatz noch durchzulassen. Man fährt in der beschriebenen Weise fort, eine Beschickung nach der anderen in dem oberen Bottich zu verarbeiten. Statt dessen kann man aber auch in ununterbrochener Arbeit schlämmen, was namentlich dann geschieht, wenn man Ueberfluss an Wasser hat. In den obersten Bottich läuft dann ununterbrochen Wasser zu und wird in kurzen Zwischenräumen immer frischer Kaolin eingetragen. Nur wenn sich der Schlämmsatz zu stark angehäuft hat, findet eine Pause zum Ausräumen desselben statt. Es ist gut, den obersten Bottich für diese Art zu Schlämmen etwas tiefer zu wählen.

In den Sammelbehältern sieht man den geschlämmten Kaolin allmählich zu Boden gehen, so dass man den weissen Schlamm durch das klare darüber stehende Wasser erblickt. Wie lange man auch warten mag, so findet eine ganz vollkommene Klärung nicht statt; das Wasser zeigt immer noch eine leichte unbedeutende Trübung, die übrigens keiner weiteren Berücksichtigung lohnt *). Das Absetzen des Kaolins lässt sich bedeutend beschleunigen durch Zusatz von etwas Alaunlösung zur Thonmilch, doch ist die Anwendung dieses Mittels nicht sehr rathsam, insbesondere wenn der Alaun fixes Alkali enthält, welches leicht an den Kaolin übergeht und sehr nachtheilig werden kann. Höchste Reinlichkeit beim Schlämmen ist nicht genug zu empfehlen.

Anstatt des Schlämmens von Hand hat man zweckmässigere mechanische Vorrichtungen. In einem 1 Meter weiten Bottich ist eine stehende

*) Man hat in Fürstenberg a. d. Weser die seltsame Beobachtung gemacht, dass der abgeschlämmte Kaolin sich aus dem dortigen (keinen Kesselstein bildenden) Betriebswasser gar nicht absetzt wenn es frisch, aber wie gewöhnlich absetzt, wenn es einigemal zum Schlämmen gebraucht worden.

mit Maschinenkraft getriebene Welle mit vier Armen. Die Arme sind der Art mit Stäben oder Zinken versehen, dass sie einen Rechen bilden; am Boden des Bottichs befinden sich ähnliche aber feststehende Rechen. Die Zähne der beweglichen Rechen gehen zwischen den Zinken der feststehenden Rechen durch. Nachdem der Kaolin mit Wasser in diesem Bottich vollkommen aufgerührt ist, lässt man den ganzen Inhalt durch einen Zapfen am Boden in einen tieferstehenden Bottich, worin die weitere Schlämmung durch Absitzen stattfindet. Schlämmen.

Der Rückstand vom Schlämmen ist natürlich je nach der Art des Kaolins sehr verschieden: mitunter steinige, im Feuer zu missfarbiger Schlacke schmelzende Beimengungen, die als schädlich zu entfernen sind; bald feldspathiger Sand, der als Flussmittel Verwendung findet, bald blosser Quarzsand, bald noch anderes. Ein sehr ungünstiger Fall ist der der Passauer Kaoline, die einen grossen Theil ihres thonigen Bestandes in Gestalt von kleinen, zwar weichen, aber doch ziemlich dichten Körnern enthalten, die unter den Walzen nicht zerquetscht werden. Ausser den wenigen Gesteinstrümmern, die schon beim Sieben zurückbleiben, führen diese Kaoline nichts Fremdartiges; die Schlämmung scheidet daher Kaolin von Kaolin, den feinen reineren mehligen von dem unreinen groben, der in zweierlei Korn erhalten wird, beispielsweise in folgenden Verhältnissen (Rohmaterial von der Rana bei Passau):

Grober Schlämmsatz . .	30,0 .	34,2 .	34,4 .	28,4
Feiner „ . .	23,2 .	28,6 .	21,4 .	19,4
Geschlämmter Kaolin . .	46,8 .	37,2 .	44,2 .	52,2
	100,0	100,0	100,0	100,0

Der grobe Kaolin, der Schlämmsatz, giebt ganz ebenso Porzellan wie das feine Schlämmprodukt, nur von einem üblen grauen Farbenton durch grösseren Eisengehalt. Er kann unter Umständen zu Waaren Verwendung finden, bei denen es auf rein weisse Farbe nicht ankommt (Telegraph-Isolatoren). Sonst muss man sich den ungeheuren Abgang von mehr als dem halben Gewicht der trockenen gesiebten Erde gefallen lassen, der übrigens bei anderen Passauer Kaolinen viel weniger, nur 20 bis 30 Proc. beträgt.

Die bedeutenden Veränderungen des Kaolins beim Schlämmen werden sehr gut aus nachstehenden vergleichenden Analysen ersichtlich: 1. eine Sorte sehr reiner spanischer Kaolin von Cap Degata (Seite 285) nach Terreil, im gebrannten Zustande; 2. Kaolin von Brenditz bei Znaim, von Knauer, ungebrannt: Wirkung des Schlämmens.

	1.			2.	
	Von Alambra *)			Von Brenditz	
	roh	geschlämmt		roh	geschlämmt
Kieselerde .	61,40	41,63	Kieselerde	69,62	51,82
Thonerde .	24,21	31,81	Thonerde	25,57	46,20
Kali . . .	0,65	0,18	Eisenoxyd	3,86	Spur
Chlorkalium	1,26	Spur	Kohlens. Kalk . . .	0,56	—
Wasser . .	12,19	26,32	Kohlens. Bittererde	0,12	0,81
	99,71	99,94		99,73	98,83

*) Darin ausserdem Spuren von Chlornatrium, schwefelsaurem Kalk, sonstigen Kalk- und Bittererdesalzen (kohlensaure?), Eisenoxyd, Vanadin und organische Substanz.

Die Analyse des spanischen erweist eine bedeutende Minderung des Alkali- (hier Kali-) Gehaltes auf den zehnten Theil als wichtiges Ergebniss der Schlämmung; ebenso ergiebt die Analyse des Brenditzer Kaolins fast vollständige Beseitigung des reichlich vorhandenen Eisenoxydes (worauf man keineswegs immer rechnen kann). Beide Analysen machen ferner ersichtlich, wie durch Abscheidung von beigemengten kieseligen Theilen die Kieselerde auffallend ab- und die Thonerde in gleichem Grade zunimmt. — Zu den dem Kaolin eigenen Bestandtheilen kommen noch diejenigen hinzu, die er während des Schlämmens aus dem Wasser aufgenommen, oder die in demjenigen Antheil Wasser enthalten sind, mit dem er durchtränkt in die Porzellanmasse gelangt. Insofern diese letztere auf nassem Wege bereitet und nass verarbeitet wird, hat es dann nur doppelte Arbeit, den geschlämmten Kaolin vor seiner Verwendung zu trocknen; man verarbeitet ihn wie er sich in den Schlämmbehältern absetzt, als steifen Schlamm, um so mehr, als er beim Trocknen unfehlbar durch Staub, Insekten und dergleichen verunreinigt wird.

Verhalten geschlämmter Kaoline.

Bei der grossen Verschiedenheit des Ursprungs und der Natur der Kaoline ist von vornherein nicht zu erwarten, dass sie im geschlämmten Zustande in ihrem chemischen Bestande sehr übereinstimmen. Alle Kaoline sind von geringem Bindevermögen. Sie stehen im Feuer in geringerem Grade oft ebensogut als die eigentlichen feuerfesten Thone und zeigen grosse Abweichungen, wie aus folgenden Bestimmungen von C. Bischof hervorgeht: Die Kaoline bei Schmelzhitze des Platins gebrannt, geben entweder eine ganz trockene Masse, innerlich und äusserlich ohne Anzeige von

Fluss (so der von Zettlitz und von Aue), oder sie zeigen eine beginnende Schmelzung durch einen gewissen Glanz, sogenannten „*Schweiss*“, entweder nur aussen, oder nur auf dem Bruch oder in jeder Art. Bischof suchte die Feuerfestigkeit nach der Menge des Zusatzes einer Mischung von 2 Gemengtheilen reiner Thonerde mit 1 Gemengtheil reiner Kieselerde zu bestimmen, welche eben hinreicht, dem Kaolin den Schweiss zu benehmen; in der Tabelle ist dieser Betrag in Zehnteln des Kaolins angegeben; ferner ist darin der Sauerstoffgehalt der Kieselerde und der Flussmittel auf je 10 Thle. Sauerstoff der Thonerde angegeben; unter „Flussmittel“ ist die Summe der Basen (Kalk, Bittererde, Eisenoxyde, Alkalien) verstanden, welche den Kaolin leichtflüssiger machen.

Fundort	Entstanden aus	Bindevermögen *)	Feuerfestigkeit	Sauerstoff der Kieselerde	Sauerstoff der Flussmittel	Schweiss aussen	Schweiss auf dem Bruche
Zettlitz bei Karlsbad	?	3	2	13,5	0,7	gar keiner	
Halle	Porphyr	3	9 — 10	31,2	1,3	stark	
Aue bei Schneeberg	Granit	2 — 3	über 10	—	0,9	gar keiner	
Seilitz bei Meissen	Porphyr und Felsit	3 — 4	8	—	—	wenig	kaum
Sornzig bei Oschatz	Quarzporphyr	3	2	—	—	deutlich	keiner
St. Yrieix bei Limoges	Pegmatit	3 — 4	7 — 8	14,7	0,9	wenig	keiner
Colette, Algier	?	3	2	13,3	0,6	deutlich	keiner
Bretagne	?	3	10	14,7	0,9	keiner	wenig
Pilsen, Böhmen	Granit	3	9	14,8	1,2	keiner	deutlich
St. Austell, Cornwall	Granit	3	4	15,3	0,6	kaum	wenig

*) Vergl. S. 266.

Es kommen zuweilen Thone anderer Art von so weisser Farbe vor, dass sie mit geschlämmtem Kaolin verwechselt werden können. Sie unterscheiden sich schon von vornherein durch ihr Verhalten gegen concentrirte Schwefelsäure, indem diese Thone nicht in der Kälte, wie die Kaoline, davon angegriffen werden, sondern erst in der Hitze; dabei klärt sich die Säure bei den Kaolinen schwerer, bei jenen Thonen leicht (Elsner).

Der Feldspath.

Feldspathe kommen in der Regel als Gemengtheile von Felsarten vor; mitunter nur mit Quarz in gewissen Graniten (Pegmatit), den man ohnehin dem Porzellan zusetzt. An manchen Orten finden sich die Feldspathe der Art in grösseren Massen ausgeschieden, dass sie für sich gewonnen werden können. Manche Kaoline hinterlassen beim Schlämmen Feldspath oder feldspathhaltige Gesteinstrümmer, die man dann als Porzellanversatz gebraucht, so in der Fabrik von Sèvres den aus Pegmatit bestehenden Schlämmsand. In der Regel ist man genöthigt, den Feldspath aus dem Handel zu beziehen. Er kommt aus Amerika, aus Spanien, aus Schweden und Norwegen. Die deutschen Fabriken pflegen meist den letzteren, mehr noch einheimische Feldspathe von Karlsbad, von Wunsiedel, aus Schlesien und von Bodenmais im bairischen Walde zu beziehen, wovon schon bei einer frühern Gelegenheit die Rede war (Bd. II, Abtheil. I, S. 22). Die Feldspathe der genannten Quellen scheinen mehr Kalifeldspathe oder gemischter Natur zu sein, wie der böhmische, den man in der k. k. Porzellanmanufaktur in Wien verarbeitet. Eine Probe davon bestand aus:

Ursprung.

Bestand.

Kieselerde . . .	65,87
Thonerde . . .	25,66
Eisenoxyd . . .	0,27
Kalk	0,36
Bittererde . . .	0,10
Kali	4,71
Natron	3,09
Wasser	0,58
	100,64

mit Spuren von Mangan (Sommaruga).

Andere Arten, Albit u. s. w., mögen dazwischen vorkommen und ebenso tauglich sein. Einmischung von schädlichen Materialien, wie Glimmer, Hornblende, sind möglichst zu vermeiden und damit behaftete Stücke auszulesen.

Der Quarz.

Aehnliches wie für den Feldspath gilt auch für den Quarz. Er kann in sehr reinem Zustande als derber Quarz gebrochen werden, so in Bodenmais mit dem Feldspath. Ein solcher enthielt 98,96 Proc. Kieselerde mit etwas Kalk und Wasser (v. Sommaruga). Milchquarz ist mehrentheils weniger rein. Eine billige Quelle für Quarz ist das Sammeln von Geschieben dieses Minerals, an vielen Orten häufig aber auch oft mit Adern von Eisenoxyd durchsetzt; man kann daher nicht vorsichtig genug in der Auswahl sein. Am meisten wendet man Sand an; er ist das am leichtesten zu habende, aber auch am schwierigsten rein zu beschaffende Material. Beimengungen von Thonerde, Kalk, Bittererde schaden nicht, aber die von Glimmer, Eisenoxydhydrat u. dergl. desto mehr. Die Fabriken des Thüringer Waldes bedienen sich des brauchbaren Quarzsandes vom Schlämmen des Kaolins *).

Der Kalk.

Den Versatz von Kalk anlangend, so bedienen sich die Fabriken je nach ihrer Lage verschiedener kalkiger Naturprodukte. Der gewöhnliche Kalkstein ist nicht rein genug, meist zu sehr mit kohlensaurem Eisenoxydul, Eisenoxydhydrat, eisenhaltigen Silicaten behaftet. In Sèvres verwendet man die Kreide aus der Nähe von Bougival und Meudon mit etwa 96 Proc. kohlensaurem Kalk und sehr wenig Mangan und Eisen, die um so weniger in Betracht kommen, als man in Sèvres der Masse überhaupt nur wenige Procente (3 bis 6) Kalk zusetzt. Wo der Kalk als wesentlicherer Bestandtheil eintritt ist es damit genauer zu nehmen. In Nymphenburg pflegte man herkömmlicher Weise den auf den Flössen der Isar herabkommenden Gyps von Marquardstein zu benutzen, ersetzte aber später dieses ziemlich kostspielige und doch nicht sehr reine Material durch die Abfälle von weissem Marmor der zahlreichen Bildhauerwerkstätten von München, welcher nur den Transport nach der Fabrik kostet, fast chemisch reiner kohlensaurer Kalk ist und bei gleichem Gewichte mehr Kalk enthält (100 Gwthle. Marmor sind gleichwerthig mit 136 Gwthln. Gyps).

*) Von Java verschifft man sogenannten Bambuszucker oder „Tabashire", eine kieselige Concretion aus den Knoten des Bambusrohrs zur Porzellanfabrikation nach China (Bleekrode). Sie enthält: 86,4 Proc. lösliche Kieselerde, 0,4 Proc. Eisenoxyd, 0,2 Proc. Kalk, 4,8 Proc. Kali, 7,6 Proc. Wasser und 0,5 Proc. organische Substanz (Rost van Tonningen). Für das Porzellan ersetzt es zu gleicher Zeit Feldspath und Quarz. In peruanischem Tabashire fand Turner 30 Proc. Kali.

Porzellanscherben.

Porzellanscherben, welche in den Fabriken in ziemlicher Menge als Bruch abfallen, sind unter andern in Nymphenburg der Porzellanmasse zugesetzt worden. Wahrscheinlich lag der Gedanke einer Wiederbenutzung des Rohmaterials in dieser billigsten Form zu Grunde. Die übrigen Porzellanfabriken sind übrigens gerechtfertigt, wenn sie sich dieser Wiederbenutzung, wenigstens der hartgebrannten Scherben, enthalten, denn diese sind ungewöhnlich hart und zähe, so dass die Zerkleinerung durch Arbeit und starke Abnutzung der Geräthe theuer und verunreinigend wird. In den Städten gesammelte Scherben stammen von den verschiedenartigsten Sorten Porzellan her und sind durch die Einmischung von Fayence-, von Milchglasscherben und Schmutz kaum zulässig; Scherben von bemaltem Porzellan fallen ohnehin weg. Zugutemachen der weichen verglühten Scherben ist eher zu empfehlen, ist aber eben so selten im Gebrauch. In Bezug auf die Anwendung von Porzellanscherben verdient eine eigenthümliche Erfahrung Erwähnung: verglühte und hartgebrannte Scherben von ein und derselben Masse an ein und derselben Stelle im Scharffeuer eingesetzt, verhalten sich ungleich; die verglühten strengflüssiger, die harten leichtflüssiger.

Zerkleinerung der Materialien und Herstellung der Masse.

Während die Porzellanerde den höchsten Grad der Zertheilung, wie er zur Masse erforderlich, schon an und für sich besitzt, muss derselbe den übrigen Ingredienzien erst künstlich gegeben werden. Wo man den Quarz als Sand anwendet, wird dieser unmittelbar gemahlen, alle in Stücken angelieferten Zusätze müssen vor dem Mahlen gröblich gepulvert werden, so der derbe Quarz, Feldspath, Kalk. Die Zerkleinerung des Quarzes ist bei der grossen Härte dieses Materials weitaus am schwierigsten. Schon beim Glase (Bd. II, Abtheil. I, S. 23) ist auseinandergesetzt, dass man denselben durch Glühen und Ablöschen mürbe macht und wie man dabei verfährt. Auch ist an jener Stelle auf die gesundheitsgefährliche Natur des Quarzstaubes hingewiesen und die Verwerflichkeit der Zerkleinerung des Quarzes durch Pochstempel in Bezug auf die damit unzertrennliche starke Verstäubung. Alles dies gilt in ganz gleicher Weise für die Porzellanfabrikation und noch mehr. Bei der grossen Empfindlichkeit des Porzellans, insbesondere der weissen Farbe durch Einmischung fremder Körper, ist die Wahl des Materials der Pochschuhe schon schwierig. Gusseisen wird sehr rasch abgenutzt und veranlasst, wie man sich leicht mit dem Magneten überzeugen kann, eine beständige Einmischung von Eisenkörnern, wodurch leicht grosser Schaden bei vermehrtem Ausschuss

Pochen.

an Waare entsteht, wie diejenigen Fabriken haben zu ihrem Nachtheil erfahren müssen, die mit gusseisernen Pochschuhen arbeiteten. Am besten macht man die Pochschuhe von einer passenden Gattung Stahl, der sich ungleich langsamer abnutzt als Gusseisen, oder auch von Stein. Natürlich muss der Stein von der Art sein, dass er nichts Fremdes in die Porzellanmasse bringt: Quarz, glimmerfreie Granite, Porphyr, überhaupt Gesteine, die nur aus Feldspath und Quarz bestehen, sind brauchbar. Sie werden nur roh zugehauen und mit dem oberen dünneren Theil zwischen die gespaltenen Stempel des Pochwerks mittelst umgelegter Spang' und Schraub' eingeklemmt. Man soll Pochstempel nur zum Vorbrechen, zur eigentlichen Zerkleinerung aber Kollermühlen von Gesteinen der genannten Gattung anwenden; sie geben kaum Staub, bei schwacher Befeuchtung des Quarzes gar keinen und leisten ungleich mehr als Pochwerke. Die Streichklingen, welche den zur Seite gequetschten Quarz wieder in die Bahn der stehenden Steine streichen, sind von Kupfer, nicht von Eisen zu machen. Ebenso ist anzurathen kupferne Schaufeln zu gebrauchen. Die Bedienung der Kollermühle wird wesentlich erleichtert, wenn man nicht die stehenden Steine, sondern die Pfanne durch die Transmission in Bewegung setzt. Mit den Kollermühlen ist ein in ein hölzernes Gehäuse eingeschlossenes Hohlsieb in Verbindung, am besten ein sechs- oder achteckiges, aus eben so viel flachen Sieben zusammengesetzt, die einzeln im Fall der Schadhaftigkeit ausgewechselt werden können. — Feldspath behandelt man ebenso wie den Quarz. Bei dem Kalk, der von Natur hinreichend weich ist, fällt das Glühen und Ablöschen weg.

Kollermühlen. *Sieben.*

Mahlen der Masse.

Durch die beschriebene Behandlung erhält man die zum Versatz der Porzellanerde dienenden Materialien in Gestalt von grobem Pulver, von mit Staub vermischtem Sand. Es erübrigt die weitere Zerkleinerung bis zum unfühlbaren Korn. Dieser zweite Act der Zerkleinerung findet in allen Porzellanfabriken durch einen Mahlprocess auf nassem Wege, aber sonst in sehr verschiedener Art statt. Bei der Beurtheilung von dem Werth des Verfahrens sind folgende Hauptpunkte ins Auge zu fassen: 1) die Schönheit, namentlich Güte und Dauerhaftigkeit des Porzellans hängt in hohem Grade von der innigen Mischung der Bestandtheile ab; 2) ebenso die Innigkeit und Gleichförmigkeit der Mischung von der äussersten Zertheilung der Stoffe, die man kaum weit genug treiben kann; 3) das Mahlen der Bestandtheile und die Mischung derselben verursachen beträchtliche Kosten, es ruht daher grosses Gewicht auf Ersparniss, namentlich an Arbeitslohn. Die Abnehmer und Verbraucher der Waare wissen im Allgemeinen die Güte weniger zu beurtheilen als das Ansehen und den Preis; der Fabrikant, aus diesem Grunde weniger an der Haltbarkeit als an dem äussern Ansehen interessirt, neigt daher mehr zu den billigsten, als zu den zweckmässigsten Methoden. Folgende sind nun die in der Ausübung vorliegenden Verschiedenheiten: Entweder werden die Materialien des Versatzes für sich gemahlen, und zuletzt wenn sie die erforderliche Feinheit erreicht haben, mit der

Porzellanerde zur Masse gemischt; oder die ungemahlenen Zuthaten werden mit der Porzellanerde vorher gemischt und das Gemenge zusammen bis zur erforderlichen Feinheit gemahlen. Im ersten Fall ist der weitere Vortheil zulässig, die einzelnen Zuthaten mit viel Wasser als dünne Schlempe zu mahlen, wobei die Mühle während der Zerkleinerung ohne Aufsicht arbeitet. Im andern Fall, wenn alle Bestandtheile der Masse gleich mit der Porzellanerde eingebracht und gemahlen werden, kann nur wenig Wasser zugesetzt werden, weil sich sonst die Gemengtheile nach ihrem specifischen Gewicht scheiden, die Masse sich entmischen würde. Das Ganze bildet einen halbflüssigen Brei, der wiederholt durch die Mühle gehen muss; der Mahlprocess erfordert dabei beständige Bedienung durch die Arbeiter. Der Weg, die Zuthaten für sich zu mahlen, ist demnach ohne Vergleich billiger an Arbeitslohn und heutzutage der weitaus herrschende. Der andere Weg, das Zusammenmahlen sämmtlicher Bestandtheile der Masse zugleich, ist viel kostspieliger an Arbeitslohn, liefert aber eine Innigkeit und Gleichförmigkeit der Mischung, die nach jener Behandlung in gleichem Grade nicht zu erwarten ist.

Neuere Mühlen.

Die selbstthätigen Mühlen arbeiten mit zwei liegenden Steinen, dem ruhig liegenden Bodenstein *a*, Fig. 151 (a. f. S.), und dem allein bewegten Läufer *b*. Der Läufer ruht mit seinem ganzen Gewicht auf dem Bodenstein und darf deshalb der Durchmesser des Mahlgangs nicht mehr als etwa $^3/_4$ Meter sein. Den Mahlgang umgiebt eine Zarge von Holz, welche ihn um 15 Centimeter an Höhe, und zugleich 20 Centimeter im lichten Durchmesser übertrifft. Es bleibt so ein ringförmiger Zwischenraum von 10 Centimeter; dieser ist auf die Höhe des Bodensteins mit der oben trichterförmig abgeschrägten Holzfüllung *C* ausgelegt und ist nur um den Läufer herum frei. Der freie Raum um und über dem Läufer dient zur Aufnahme des vorläufig zerkleinerten Materials und des Wassers. Durch die Bewegung des Läufers bildet beides eine Schlempe, in welcher die feineren Theile schweben bleiben, die gröberen Theile sich zu Boden begeben und dort zwischen die Steine gelangen. Um dieses zu befördern schrägt man die Mahlfläche des Läufers an einer Seite ab, so dass sie von dem Bodenstein an dem Umfang um wenige Centimeter absteht, Fig. 152, und lässt den Läufer nur etwa vier Umgänge in der Minute machen; diese Geschwindigkeit des Läufers, also auch der in der Zarge kreisenden Schlempe, erlaubt den groben Theilen sich zu Boden zu senken. Durch Ziehen einer Schütze kann das fertige Mahlgut mit dem Zapfen zu weiterer Bearbeitung abgelassen werden. Der Läufer wird von oben getrieben durch die beiden konischen Zahnräder *k* und *n*. Durch den Hebel *f* kann der Mitnehmer zwischen die Speichen des Rades *n* ein- und von da ausgerückt, der Mahlgang also mit einem Ruck in Ruhe gesetzt oder angelassen werden. Man wählt theils kreisförmige Läufer wie in der Abbildung, die dann nach einem Kreisabschnitt zugehauen sind, Fig. 152, oder einen Ausschnitt wie Fig. 153 erhalten, damit sie das Mahlgut besser zwischen die Mahlflächen lasse; theils giebt

Neuere Mühlen.

man den Läufern eine ovale oder elliptische Gestalt. Die Beschickung eines solchen Mahlgangs kann 40 bis 80 Kilogr. betragen; sie mahlen in 24 Stunden etwa 60 Kilogr. Quarz, 80 Kilogr. Feldspath und noch mehr Kalk fein. Die Beschickung darf nicht auf einmal, sondern nur in kleineren Antheilen nach und nach zugegeben werden. Eine Porzellanfabrik bedarf je nach ihrem Umfang 6 bis 12 und mehr dieser Mahlgänge. Die Gegenwart des Arbeiters ist nur beim Beschicken und Entleeren, nicht in der langen Zwischenzeit erforderlich. Geht ein Mahlgang so langsam oder steht er so lange still, dass das Quarz- u. s. w. Mehl sich absetzen kann, so kittet dies die Steine so fest zusammen, dass man den

Fig. 151.

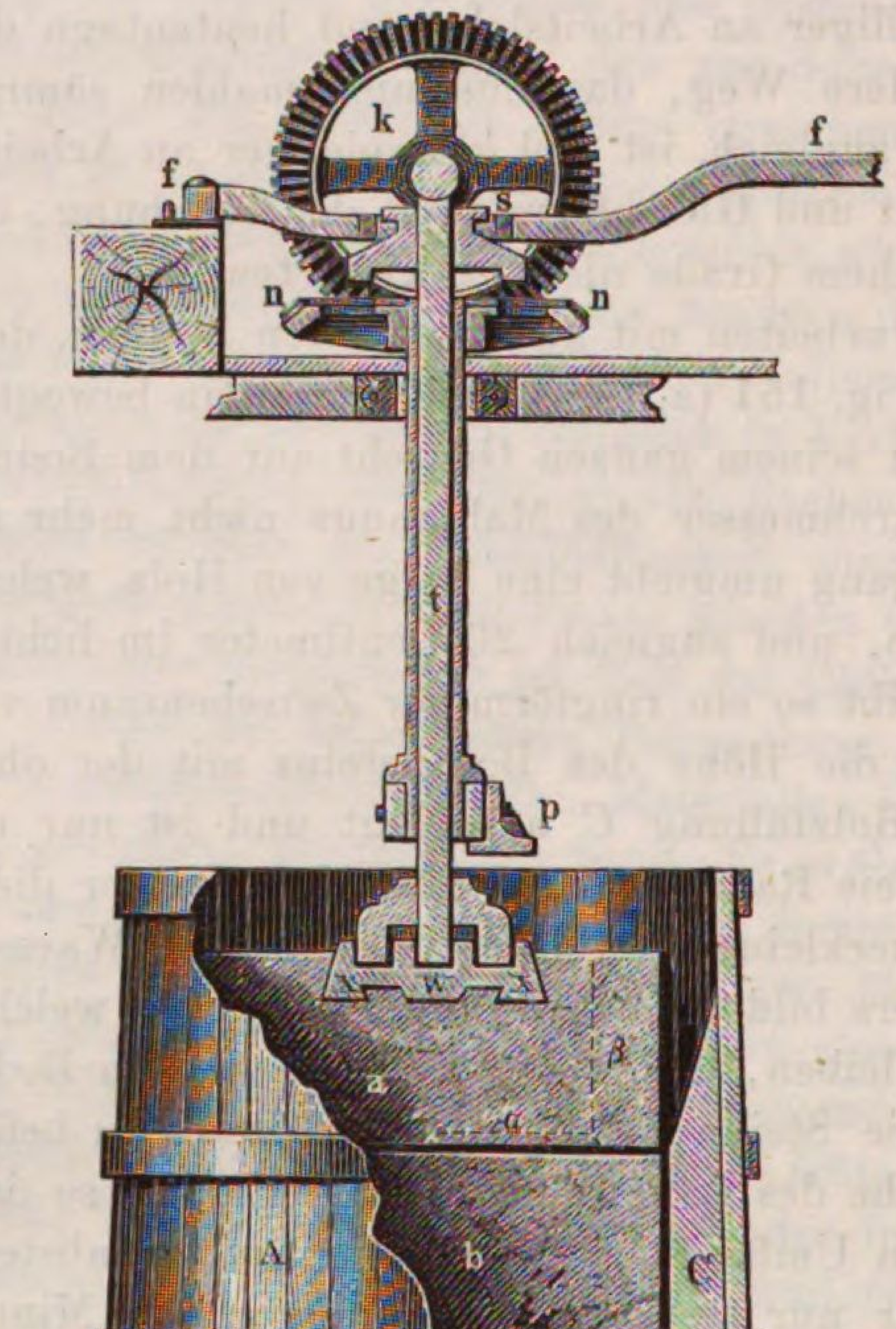


Fig. 152.

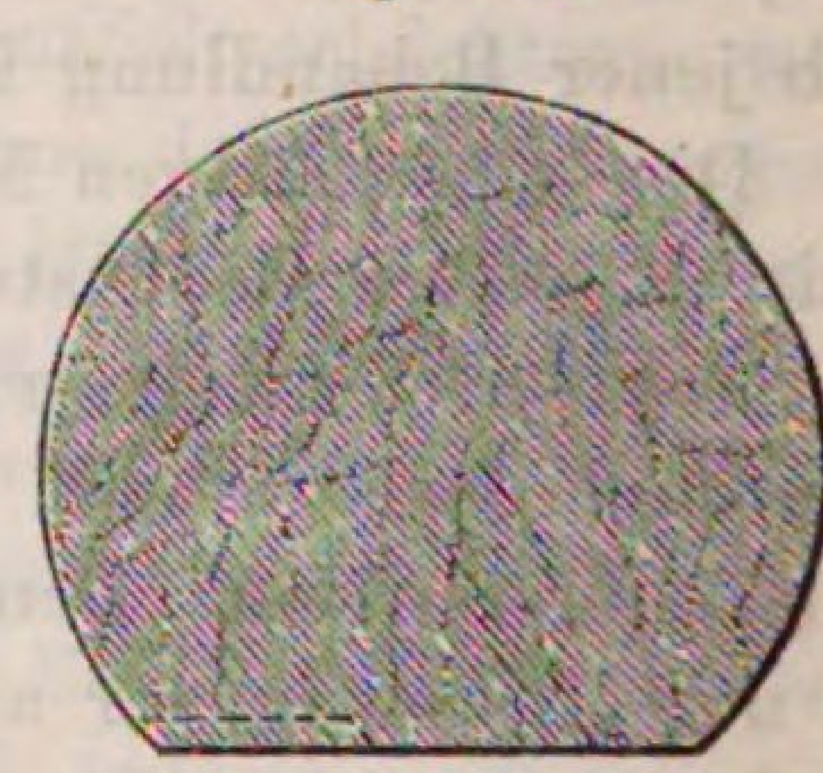
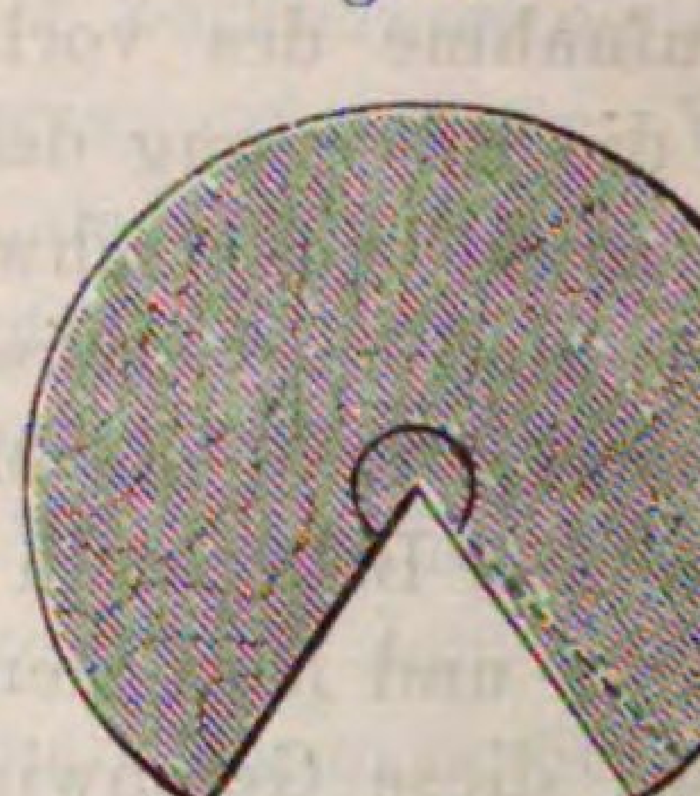


Fig. 153.



Läufer vor dem Wiederanlassen mit dem Hebegeschirr lüften muss, sonst setzt derselbe unter gefährlicher Erschütterung des gangbaren Zeugs sprungweise oder hüpfend in Bewegung.

Für die Beurtheilung der Feinheit des Mahlgutes hat man keinen andern Anhalt als Erfahrung und Uebung der Arbeiter; sie probiren es zwischen den Zähnen, die ungleich feiner empfinden als die Fingerspitzen. Die Masse gilt als fein, wenn sie alles sandige und körnige Anfühlen

verloren und nur noch gelinde knirscht. Denn es ist unmöglich, Quarz und dergleichen so fein zu mahlen, dass er gänzlich zu knirschen aufhört. Nachdem die aus den Mühlgängen abgelassene Schlempe von den etwa noch beigemengten gröberen Theilchen durch kurzes Stehen in der Ruhe befreit ist, zapft man sie in einen Satzbottich, um das Wasser soweit abzusondern, bis der rückständige Schlamm Rahmconsitenz besitzt.

Alle Zuthaten der Masse befinden sich somit im Zustande eines Schlammes vorräthig und werden nun vorschriftsmässig, aber nach dem Volum zusammengemischt. Zu dem Ende ist durch Proben im Kleinen vorher der Trockengehalt des wohlaufgerührten Schlammes zu ermitteln. Die in den Mischbottich gelassenen Schlämme müssen aufs sorgfältigste, sei es mit dem Rührscheit von Hand oder mittelst mechanischer Rührvorrichtungen gemengt werden. Diese Arbeit bietet Schwierigkeiten, denn insofern die Bestandtheile der Masse alle von gleicher Farbe und gleichem Ansehen, giebt das Auge keinen Anhalt über die Gleichmässigkeit der Mischung, während die Ungleichheit des specif. Gewichtes ihnen ein Bestreben ertheilt, sich von einander zu scheiden. Es wäre daher sehr verfehlt, das Gemisch, wenn es hinreichende Gleichförmigkeit erlangt hat, etwa durch Absitzenlassen vom überschüssigen Wasser zu befreien, um ihm die Consistenz eines bildsamen Teigs zu geben, wie dies für die Formerei jederzeit erforderlich. Die Masse wird vielmehr sofort in der weiter unten zu beschreibenden Weise durch Pressen verdichtet.

Aeltere Mühlen.

Die Mühlen der zweiten Art unterscheiden sich zunächst darin, dass sie nicht die Zuthaten einzeln, sondern zusammen nach den vorschriftsmässigen Gewichtsverhältnissen gemengt vermahlen. Quarz, Kalk u. s. w. wiegt man so wie sie von den Sieben der Kollermühle kommen, trocken zusammen, die geschlämmte Porzellanerde ebenso, wenn sie trocken bezogen wird. Schlämmt man die Porzellanerde in der Fabrik, so ist es bequemer, sie nass nach dem Volumen zuzumessen, nach Massgabe des vorher ermittelten Trockengehaltes. In jedem Fall werden die Zuthaten erst nur mit einem Theil der Porzellanerde vermahlen und der Rest allmählich zugesetzt. Die Menge des Wassers ist so zu bemessen, dass weder eine dünne Schlempe, noch ein bildsamer Teig, sondern ein dickflüssiger Schlamm entsteht. Die mechanische Einrichtung der Mühlen ist im Wesentlichen die der Getreidemühlen: ruhender Bodenstein, beweglicher Läufer, beide von weit grösseren Dimensionen, als bei den vorigen Mühlen, etwa 1 Meter Durchmesser bei eben so viel Höhe, völlig cylindrisch. Die Mahlflächen sind geschärft, d. h. mit eingehauenen Furchen versehen, die von Zeit zu Zeit nachgeholt werden. In der Mitte beider Steine ist ein rundes Loch, etwa 2 Decimeter weit. Der Läufer wird von unten getrieben, indem das Mühleisen (die Axe) durch den Bodenstein hindurch in den Läufer eingreift. Der Zwischenraum zwischen der Axe und dem Loch des Bodensteins ist mit einer Holzbüchse ausgefüllt, hinreichend gedrang, dass keine Masse durchsickert, aber

auch keine zu grosse Reibung entsteht. In der Mitte des Läufers endigt die Axe und steht mit demselben durch eine Pratze in Verbindung; das Mittelloch des Läufers, „*das Auge*“, bleibt offen und dient zum Einbringen des Mahlgutes. Der Bodenstein ist mit einer hölzernen Zarge umgeben, welche um 1 Decimeter über die Mahlflächen emporragt, also den Läufer zum grössten Theil seiner Höhe frei lässt. Der Abstand der Zarge vom Bodenstein, etwa handbreit, ist bis zur Höhe der Mahlfläche mit Gyps ausgegossen. Während bei den vorher beschriebenen Mühlen der Läufer mit seinem ganzen Gewicht auf dem Bodenstein lastet, so ist dies bei in Rede stehenden Mühlen nicht der Fall; der Läufer hängt oder schwebt vielmehr frei auf der Axe und kann mit dieser gehoben oder dem Bodenstein beliebig nahe gebracht werden. Die Spur, in welcher das Mühleisen läuft, kann nemlich durch ein Hebelwerk nach Bedürfniss gesenkt oder gehoben werden. Dies ist bei der bezeichneten Aufstellung des Läufers schon wegen der raschen Abnutzung der Steine nothwendig, die doch mit den Mahlflächen sich fast berühren müssen. Es können höchstens drei Mahlgänge durch denselben Arbeiter bedient werden, welchem zunächst obliegt, die ins Grobe mit Wasser angemachten Materialien mit der Kelle in das Auge des Läufers einzutragen; bis zum Bodenstein gesunken, gelangen sie zwischen die Mahlflächen und werden, von der Bewegung derselben zerrieben, theils durch ihren eigenen Druck, theils durch die Centrifugalkraft, in den Zwischenraum zwischen den Steinen und der Zarge hinausgetrieben. Von dort streicht der Arbeiter das Durchgegangene nach einem Ausschnitt mit Rinne, durch den es in den untergesetzten Bottich fällt. Das Aufgeben geschieht so, dass das Läuferauge stets mit der Masse beiläufig angefüllt bleibt. Die Masse bewegt sich natürlich nur langsam zwischen den Steinen durch, die nicht über 25 Umdrehungen in der Minute machen sollen. Da die Masse jederzeit mehrmals, gewöhnlich dreimal durch die Steine muss, so bedingt diese Art zu mahlen grossen Zeitaufwand, aber zugleich grosse Feinheit und die innigste Mischung. Die Beschickung für den Mahlgang ist 3 Centner Trockengewicht; eine Mühle von 6 Gängen liefert nicht über 13 bis 14 Beschickungen die Woche, bei einer Arbeit von täglich 10 Stunden. Es kommen daher auf jede Mischung zum Fertigmachen 23 Stunden.

Wegen der raschen Abnutzung der Steine ist es bei Mühlen jeder Art wichtig, dass die Steine keine der Porzellanmasse schädlichen Bestandtheile enthalten; glimmerfreie Granite, Porphyre z. B. sind passend.

Schlämmen der Masse.

Die nach der einen oder andern Art bereitete Masse muss noch aus der breiigen in die zum Formen vorzugsweise erforderliche teigige Beschaffenheit gebracht werden durch Beseitigung des überschüssigen Wassers. Zuvor pflegt man sie aber durch ein feines Sieb zu lassen zur Entfernung von Holzspähnen und dergleichen Unreinigkeiten. Ausnahmsweise verbindet man diese Reinigung mit einer besondern Schlämmung, so in der k. k. Wiener Porzellanfabrik. Die Masse wird dort

durch ein Rührwerk in einem Strom von warmem Wasser (30° bis 40° C.) aufgerührt und durch eine Reihe sehr feiner Siebe in Behälter (aus Cement gemauert) zum Absitzen geleitet. In 8 bis 9 Tagen hat dies soweit stattgefunden, dass man das klare Wasser mit Kautschukhebern abziehen kann. Bei dieser Schlämmung handelt es sich nicht um Sonderung gröberer Theile von den feineren, sondern um einen Zweck, welcher sich sehr deutlich aus dem Vergleich des chemischen Bestandes der Masse mit dem der dazu verwendeten Ingredienzien ergiebt. Nach der bestehenden Vorschrift wird die Masse zusammengemischt aus:

Passauer Kaolin		Zettlitzer Kaolin	Geschmolzener Feldspath	Kalk, kohlens.	Quarz	
I. Sorte	II. Sorte					
25,25	27,75	24,50	14,25	3,75	4,50	= 100,000

Nach diesem Mischungsverhältniss und der Elementaranalyse der einzelnen Gemengtheile lässt sich der Bestand der Masse vor dem Schlämmen berechnen und mit dem Bestande nach dem Schlämmen vergleichen. Man fand so:

	Kieselerde	Thonerde	Eisenoxydul	Kalk	Bittererde	Kali	Natron
Vorher (berechnet) =	56,23	37,62	0,74	2,82	0,23	1,42	0,93
Nachher gefunden =	58,19	37,90	0,56	1,67	0,12	0,35	0,23
	+ 1,96	+ 0,28	— 0,18	— 1,15	— 0,11	— 1,07	— 0,70

Es scheint demnach das Schlämmen der Masse auf eine Auslaugung, auf eine Verminderung namentlich der Alkalien hinauszulaufen. Der Betrag derselben ist in der That auf $^1/_4$ zurückgegangen, wodurch sich die Feuerbeständigkeit entsprechend erhöht.

Die fertige Masse befindet sich im breiigen Zustande, sie enthält die Hälfte ihres Gewichtes (in Nymphenburg z. B. 44 bis 56 Procent) Wasser; dies ist etwa doppelt soviel als sie für die gewöhnliche Formerei, für den knetbaren Zustand enthalten darf (25 Proc.). Um ihr das überschüssige Wasser zu entziehen hat man fast allgemein das Pressen am zweckdienlichsten gefunden; Entmischung in Folge des ungleichen specifischen Gewichtes der Bestandtheile, Verunreinigung durch Staub und dergleichen sind dabei gleichmässig ausgeschlossen, während die Arbeit viel rascher fördert als Trocknen mit Wärme. Die Presssäcke aus leinenem Zwillig müssen aus einem dichten geschlossenen Faden und zwar so gewoben sein, dass sie weder zu weite Maschen haben, noch sich durch Quellen der Fäden zu dicht schliessen. Durch die dauernde Einwirkung der Luft auf das durchfeuchtete Gewebe, sowie durch das zwischendurch unerlässliche Auswaschen der ins Gewebe eindringenden Massentheile, werden die Säcke frühzeitig mürbe und bald abgenutzt, meist in 6 bis 8 Wochen. Ihre Dauer lässt sich bedeutend, bis auf 9 und 10 Monate, durch eine Appretur von Leinöl steigern. Die Porzellanmasse spottet jeder voreiligen Gewalt beim Pressen, die lediglich auf ein Sprengen der Säcke hinausläuft. Es ist unerlässlich, mit sehr geringem Pressen.

Druck zu beginnen und diesen Druck nur sehr allmählich zu steigern. Man fängt damit an, die breiige Masse mit einem Löffel in die Säcke zu füllen, die einige Pfunde davon fassen, schlägt die Seite mit der Oeffnung zweimal um und stapelt die gefüllten Säcke auf einen geräumigen Tisch auf. Ein grosser Theil des Wassers fliesst dann schon durch das eigene Gewicht der Säcke ab; sobald dies aufgehört hat, setzt man den Stapel auf die Pressplatte um. Insofern ein höherer Druck weder nöthig noch anwendbar ist, beschränkt man sich auf Schraubenpressen. Man schliesst die Presse langsam, bis das Wasser von neuem abzulaufen beginnt; und erst wenn dies aufhört, zieht man die Schraube von neuem und soweit an, dass wieder Wasser abläuft und so fort, nur von Zeit zu Zeit einen Ruck an der Presse gebend. Das Gefühl des Widerstandes leitet den Arbeiter mit Sicherheit, der mit dem Druck sich ganz vom Ablauf des Wassers leiten lässt. Ein rascheres Schliessen hat sofort zur Folge, dass sich an der inneren Fläche der Säcke eine undurchdringliche Schwarte von Masse verdichtet, die alles weitere Abpressen von Wasser vereitelt. Ist der gewünschte Grad der Entwässerung nach einigen Stunden erreicht, was man genügend an der Abnahme des Umfangs der Säcke und des Stapels kennt, so öffnet man die Presse und streift die Säcke nach einander über die nun teigförmige Masse zurück, die dann flache viereckige Kuchen, sogenannte „*Stücke*“ mit einem Wassergehalt von 25 bis 27 Procent bildet.

Lagern. Die Erfahrung hat von jeher und aller Orten, in China wie Europa, gelehrt, dass die Porzellanmasse durch längeres Lagern vor der Verarbeitung in auffallendem Grade an Güte gewinnt, und zwar an Bildsamkeit. Der Zuwachs an Bildsamkeit nach einer Lagerung von einigen Monaten ist so bedeutend, als ob die Masse wenigstens zweimal öfter durch die Mühle gegangen wäre. So weit irgend möglich, richtet man sich aus diesem Grunde auf einen Vorrath von Masse für mindestens 2 bis 3 Monate Lagerung ein. Während der Lagerzeit darf die Masse nicht, oder nur unmerklich austrocknen. Als Lagerraum benutzt man deshalb am besten einen Keller, dessen Deke so vorgerichtet ist, dass kein Wasser auf die Masse tropft, keine Mörtel- und Steinbröckchen auf sie niederfallen. In diesem Raume errichtet man Pritschen aus Brettern von 6 bis 10 Quadratmeter Fläche, die man von oben, wegen der Verunreinigung durch faulendes Holz, mit Zinkblech überzieht. Auf diese Pritschen stapelt man die Massestücke zu flachen Pyramiden auf, die dann offen und unbedeckt stehen bleiben. Nach einiger Zeit ändern die Massestücke im Innern, wo die Luft keinen Zutritt hat, ihr Ansehen sichtlich, sie nehmen eine schwarzblaue Schieferfarbe und einen starken Geruch nach Schwefelwasserstoff an. An der Luft beim Aufreissen, Umkneten u. s. f. verliert sich die dunkle Farbe sehr rasch und vollständig, langsamer der Geruch. Ueber die Ursache dieser Erscheinung kann kein Zweifel bestehen: Durch den Abschluss der Luft sowie durch die Verhinderung des Austrocknens durch die feuchte Kelleratmosphäre wir-

ken die organischen Substanzen (aus dem Wasser, dem Holz der Mühlen, aus den Presssäcken) reducirend auf die schwefelsauren Salze (des Wassers, den zugesetzten Gyps u. s. w.), es entstehen Schwefelmetalle (zumeist Schwefelcalcium), welche mit dem Eisenoxyd der Masse schwarzes, an offener Luft sich sofort oxydirendes Schwefeleisen bilden. Dieses letztere, durch seine dunkle Farbe sehr in die Augen fallend, beträgt dem Gewichte nach nur wenig und erklärt in nichts die bedeutende Vermehrung der Bildsamkeit. Das Auftreten von Schwefeleisen ist nur ein äusserliches Symptom eines tiefergreifenden Vorgangs, über dessen Natur bis jetzt nur Vermuthungen aufgestellt sind.

Mit dem grössten Mass von Wahrscheinlichkeit hat man die Zunahme der Bildsamkeit einer fortschreitenden und beschleunigten Verwitterung zugeschrieben, welche natürlich wie das Mahlen auf gesteigerte Zerkleinerung der Theilchen der Masse wirkt. Wenn man erwägt, dass Glas unter gewöhnlichen Umständen widerstehend, zu Mehl zerrieben von destillirtem Wasser sehr stark angegriffen wird (II. Bd. 1. Abth. S. 18), und dass dies mit natürlichen Silicaten, besonders alkalihaltigen, ebenso der Fall ist, so begreift sich, dass schon das blosse Lagern von mit Wasser durchdrungener Masse eine fühlbare Aufschliessung zur Folge haben muss. Diese Aufschliessung muss nothwendig beschleunigt werden, wenn gleichzeitig Entwicklung von Kohlensäure stattfindet. Eben dieses geschieht nun in der Fäulniss, denn bei der Reduction der schwefelsauren Salze bildet der Sauerstoff derselben mit dem Kohlenstoff der organischen Stoffe Kohlensäure. Als man bei Versuchen über den Torfbildungsprocess Sphagnumarten unter Wasser vermodern liess, entwickelte sich viel Kohlensäure neben Schwefelwasserstoff; die Vegetabilien enthielten nach 14 Monaten in ihrer Asche um 17 Proc. Alkalien und 27 Proc. Kieselerde weniger als im frischen Zustande (Vohl). Aehnliches geht in der faulenden Porzellanmasse vor, wenigstens ist die Zersetzung von Feldspath unter Freiwerden von Alkali durch Salvetat nachgewiesen. — Manche Fabriken suchen die Verbesserung der Masse durch absichtlichen Zusatz von der Fäulniss und Gährung fähigen Substanzen zu fördern, wie Melasse, Honig, Jauche u. dergl. Dabei mag der gewünschte Erfolg eintreten, ist aber auch zu bedenken, dass die Vermehrung von Alkalien, Phosphorsäure etc. durch diese Zusätze nur schaden kann.

Mischungsverhältnisse.

Ueber die Mischungsverhältnisse der Porzellanmasse lässt sich selbstverständlich keine allgemeine Vorschrift geben. Sie hängen von der Beschaffenheit des Kaolins, von der Beschaffenheit der übrigen Rohmaterialien, vom Brennstoff und der Feuerung, von der Natur der Waare, aber auch von Herkömmlichkeit und Gewohnheit des Publikums ab. Es bleibt nur übrig für die betreffende Oertlichkeit die passendste Mischung an der Hand der Erfahrung zu suchen. Schon diese Aufgabe ist schwierig, aber immer noch leichter als die fernere Aufgabe, die gefundene passendste Mischung auf die Dauer festzuhalten. Durch die wechselnde Beschaffenheit der angelieferten Rohmaterialien neigt die Masse zu einer

Mischungsverhältnisse.

gewissen Veränderlichkeit, bald zu grösserer Leicht- bald zu grösserer Strengflüssigkeit, wodurch die Arbeiter, namentlich hinsichtlich des Brennens, nur allzuleicht zum Schaden des Unternehmers irre geführt werden. Es ist daher rathsam, mit jeder neuen Anlieferung vor der Verarbeitung erst Proben in den Brand zu geben, um etwaigen schroffen Wechseln in der Beschaffenheit der Masse zu entgehen. In der vom Staate betriebenen Porzellanfabrik zu Sèvres bei Paris gilt für die am meisten gebrauchte Geschirrmasse die Regel, die Rohmaterialien auf Grund der damit vorgenommenen chemischen Analyse so zu mischen, dass die Masse immer den gleichen Elementarbestand, nemlich:

Kieselerde	Thonerde	Kalk	Kali	
58,0	34,5	4,5	3,0	= 100 Gwthle.

besitzt. Beispielsweise bestand die Masse in drei verschiedenen Jahrgängen aus folgenden verschiedenen, aber virtuell gleichen Mischungen:

	1836	1837	1843
Geschlämmter Kaolin	70,0	64,0	48
Thoniger Kaolinsand	9,2	18,0	48
Quarziger Kaolinsand	12,0	15,0	—
Quarzsand v. Aumont	5,3	0,1	—
Kreide, geschlämmt	3,5	2,9	4
	100,0	100,0	100

Wie weit die Mischung der Masse in verschiedenen Fabriken abweicht, ergiebt sich noch aus folgendem Beispiel:

K. K. Porzellanfabrik in Wien 1865.

	Mischung	Chemischer Bestand	
Kaolin von Passau, 1. Sorte	101	Kieselerde	58,19
„ „ „ 2. „	111	Thonerde	37,90
„ „ Zettlitz	98	Eisenoxydul	0,56
Quarz	18	Kalk	1,67
Feldspath	57	Bittererde	0,12
Kalk	15	Kali	0,35
		Natron	0,23
	Gewthle. 400		Gewthle. 99,02

In Nymphenburg bei München ist das Porzellan für Tafelgeschirr etc. herkömmlich nicht Feldspath-, sondern blosses Kalkporzellan; früher pflegte man einen ungewöhnlich hohen Betrag von Porzellanscherben zuzusetzen, die später wegblieben, als man auch den Gyps durch weissen Marmor (S. 294) ersetzte:

Aelteste Vorschrift Geschirrmasse		Spätere Vorschrift Geschirrmasse	
Passauer Kaolin	150	Passauer Kaolin	100
Quarzsand	55	Quarz von Bodenmais	40
Hartgebrannte Scherben	5	Marmor	10
Verglühte „	9	Feldspath	-
Schlämmsatz	10		150
Gyps	12		
	241		

Die rohen chinesischen Porzellanmassen sind nach den Untersuchungen von Ebelmen und Salvetat aus mageren Kaolinen, reich an Kieselerde und Feldspath (Say-pe, San-pao-pong, Siao-li) und aus reineren sehr thonigen Kaolinen (von Tong-kang, Hoa-chy, Khy-men) zusammengemischt. Die Elementaranalyse von viererlei Massen ergab:

	I. Qualität	II. Qualität	III. Qualität	IV. Qualität
Kieselerde	63,6	65,9	68,7	62,8
Thonerde	21,8	20,9	18,1	19,4
Eisenoxyd	1,1	1,2	1,8	3,1
Manganoxyd	0,1	—	—	—
Kalk	0,3	0,7	0,6	1,0
Magnesia	0,2	Spur	Spur	Spur
Kali	3,0	3,4	2,4	3,1
Natron	2,8	2,5	2,2	1,7
Wasser	7,7	7,0	6,7	9,2
	100,6	101,6	100,5	100,3

Die Masse zu Kunstsachen wie Figuren, Büsten, plastischen Verzierungen, Lichtbildern u. s. w., weicht in ihrer Mischung einigermassen von der Masse zu Tafel-, Kaffee- und Thongeschirr ab. Die Glasur schadet, wo es darauf ankommt, der künstlerischen Wirkung durch allzugleissende Oberfläche und störende Reflexe; andererseits beeinträchtigt unglasurtes Geschirrporzellan diese Wirkung durch ein zu trocknes, kalkiges Ansehen und weil die Oberfläche äusserst leicht beim Anfassen schmutzt. Eine brauchbare Masse für Kunstsachen muss möglichst dem Ansehen des Marmors nahe gebracht werden, stark durchscheinend sein und einen leichten, matten, ruhigen Glanz der Oberfläche, einen „*Schweiss*", beim Brennen annehmen; sie muss endlich bei demselben Hitzgrade gar werden, wie die gewöhnlichen Waaren, mit denen sie zu gleicher Zeit gebrannt wird. In den Fabriken für hartes Porzellan bedient man sich zu dieser Masse für Kunstsachen, welche sehr unlogisch Biscuit.

Biscuit. „Biscuit“ heisst, derselben Rohstoffe wie für Geschirre, nur in entsprechend abgeänderter Mischung. Es genügt vollkommen, die Porzellanerde für die durchscheinende Beschaffenheit mit einem starken Versatz von Quarz und für den erforderlichen Schweiss mit einem solchen von Feldspath zu versehen. So z. B. in Nymphenburg entsprach folgende Mischung ungleich besser als die ältere *):

Kaolin von Passau	Quarz von Bodenmais	Feldspath von Bodenmais	
73,5	47,5	31	= 152 Kilogr.

Eine rein weisse Farbe erscheint kalt, eine milchweisse wärmer und angenehmer.

In Frankreich und zwar in der Umgegend von Limoges hat man zuerst und schon lange die Anfertigung von Porzellanmasse als selbständige Fabrikation betrieben; es kamen von da Geschirr- und Biscuitmasse u. s. w. in verschiedenen Sorten in den Handel.

Einfluss der Bestandtheile. Die zu Porzellan geeignete Mischung aus gegebenen Materialien lässt sich nie im voraus, sondern nur nach empirischen Proben bestimmen. Es ist von Interesse, das Verhalten der Materialien im Feuer einzeln oder zu zweien zu bestimmen, aber man muss sich hüten, daraus voreilige Schlüsse zu ziehen, denn das Verhalten fällt wieder abweichend aus, wenn ein dritter Gemengtheil hinzukommt. Der Quarz ist ganz unschmelzbar im Porzellanfeuer. Der Feldspath schmilzt mit Leichtigkeit, aber zu einem durch mikroskopische Bläschen getrübten Glas; er verträgt noch starken Zusatz von Quarz, ohne seine Schmelzbarkeit zu verlieren, ebenso von Kalk. Mit Kalk giebt er anfangs ein klares Glas, mit steigendem Zusatz ein opalartiges Glas, dann einen milchweissen Email. Von dem Verhalten der Porzellanerde ist schon Seite 282 ff. die Rede gewesen. Sie verträgt Feldspathzusatz in weitem Spielraum, ohne die porzellanartige Beschaffenheit zu verlieren. Passauer Kaolin mit $^1/_3$ Feldspath gab ein Porzellan von muschligem, gutem Bruch, aber wenig durchscheinend, erst mit gleichen Theilen Feldspath wurde es stark durchscheinend, ohne zu fliessen.

Gemahlener Quarz, mit $^1/_4$ und $^1/_2$ Marmor versetzt, giebt eine ungeflossene noch zerreibliche Masse, mit gleichen Theilen Marmor zeigt er erst Anfänge von Schmelzung. Das Gemenge muss mehr Base als gleiche Atome enthalten, um in Fluss zu kommen. Ganz anders verhält es sich, wenn Kaolin hinzukommt, denn die nur sinternde, noch un-

*) Sie lautete:

Kaolin von Passau	Quarzsand	Alabaster	Feldspath	Porzellanscherben verglühte	Porzellanscherben hartgebrannte	
90,6	37,5	7,5	3,7	9,4	5,6	= 154,3 Kilogr.

schmelzbare Mischung von 2 Gwthln. Quarz mit 2 Gwthln. Marmor, gab mit 3 Thln. Passauer Kaolin ein völlig geflossenes, klares, in die Wand des Porzellantiegels fressendes Glas. Gemenge von 4 Thln. Quarz mit 1 Thl. Marmor bleiben pulverig (gelatiniren beim Aufschliessen mit Säure), geben aber mit 4 bis 8 Thln. Passauer Kaolin vollkommenes Porzellan. Kaolin, einmal mit Marmor für sich, dann Kaolin mit Marmor und Quarz, endlich Kaolin mit Marmor versetzt, verhielt sich in einem Versuch wie folgt:

Marmor	Quarz	Passauer Kaolin	
10	0	1	nicht geflossen.
10	40	0	nicht geflossen.
10	40	100	gut geflossenes Porzellan.

Es ist an den meisten Orten üblich, die Mischung der Masse der Natur der Waare anzupassen, also mindestens für Kunstsachen eine andere Mischung als für Geschirr, meist auch für flache Geschirre (Platterie) leichtflüssigere Masse als für Hohlwaaren zu machen. Zweckmässig führt man auch für die Regionen des Ofens mit schwächerem Feuer (in der Mitte, auf der Höhe, am Boden) leichtergehende, für die heisseren Regionen an den Schüren strengere Massen.

Glasur.

Nach der zu Eingang gegebenen Begriffsbestimmung ist die Glasur eine Zubereitung, bestimmt, beim Brennen einen dünnen glasigen Ueberzug über dem Scherben der Waare zu bilden. Insofern beim harten Porzellan Glasur und Scherben in ein und demselben Feuer gleichzeitig gar gebrannt wird, muss die Glasur bei derjenigen Temperatur gerade in glasigen Fluss kommen, bei der der Scherben die Gare erlangt. Die Porzellanglasur soll aber auch ihrem Bestande nach dem Scherben möglichst ähnlich und verwandt sein, so dass sie einerseits unablösbar und innigst verbunden an demselben haftet, andererseits aber auch in den physikalischen und chemischen Eigenschaften möglichst wenig von dem Scherben abweicht. Diesen Bedingungen lässt sich ohne Schwierigkeit dadurch nachkommen, dass man die Glasur aus den Bestandtheilen der Masse zusammensetzt, aber das Gemisch in entsprechendem Grade leichtflüssiger macht. In der That ist die Glasur des Feldspathporzellans Feldspath mit mehr oder weniger Quarz und Kalk versetzt; die des Kalkporzellans ist eine Kalkporzellanmasse, mit soviel Kalk versetzt, als zum völligen Fluss erforderlich. In Sèvres z. B. verwendet man mit dem Kaolin in St. Yrieix vorkommenden Pegmatit, d. h. eine aus Quarz und Feldspath bestehende Felsart; sie enthält 73 bis 74 Proc. Kieselerde, 16 bis 18 Proc. Thonerde, 6 bis 8 Proc. Kali, nebst etwas Kalk und Magnesia. Gewöhnlich giebt man 2 bis 3 Proc. Kreide hinzu. Wo man zu Bestand.

Bestand der Glasur.

gleicher Zeit leichtere und strengere Massen führt, müssen natürlich entsprechende Glasuren vorhanden sein; in Nymphenburg z. B. hatte man früher:

	Strenges Feuer		Schwächeres Feuer	
	Masse	Glasur	Masse	Glasur
Geschlämmter Kaolin von Passau	210	10	200	10
Quarz von Bodenmais	64	45	60	43
Schlämmsatz	12	—	22	—
Marmorabfälle	10	15	13	17
Hartgebrannte Scherben	—	50	—	50

Besondere Forderungen.

Neben den Beziehungen zum Scherben und zum Feuersgrad muss die Glasur noch weiteren Bedingungen genügen, welche schon mehr Schwierigkeiten in der Beschaffung einer guten Mischung machen. Zunächst soll die Glasur sich leicht auf die Waare auftragen und beim Trocknen bindend sein, d. h. hinreichend anhaften, sich nicht zu leicht abreiben oder gar von selbst abfallen. Diese Zwecke erfüllt der übliche Zusatz von etwas Kaolin, ohne den die übrige Mischung immer kurz und leicht abstäubend ist. Die Glasur soll sich ferner vor dem Fluss im Feuer nicht schaalenartig von dem Geschirr ablösen, wie dies zuweilen vorkommt; sie soll im Fluss einen möglichst glatten, glänzenden Spiegel bilden und im Fliessen sich noch gleichmässiger vertheilen als dies beim Auftragen geschieht; sie soll fest und unlösbar auf dem Scherben aufliegen, aber weder „*schwinden*“ noch in den „*Scherben fressen*“, d. h. ihn theilweise auflösen; sie soll nicht vom Scherben abfliessen, noch sich auf demselben in Tropfen zusammenziehen; zu früh und zu leicht schmelzende Glasuren laufen ab, oder werden vom Scherben aufgesaugt (schwinden). Zu strenge Glasuren schmelzen unvollkommen, rauh oder matt, ohne Spiegel. Glasuren, die lange vor dem Fluss sintern, namentlich sintern, ehe sie fest am Scherben haften, schälen sich los, die gelösten Blätter schmelzen dann weiter zu Tropfen. Sehr häufig erscheinen die Glasuren nach dem Fluss „*eierschalig*“, d. h. mit zahlreichen sehr kleinen Vertiefungen, am gewöhnlichsten die Feldspathglasuren.

Dass die Bestandtheile der Glasur aufs feinste gemahlen und aufs innigste gemischt sein müssen, liegt auf der Hand, auch weiss man, dass gut gemahlene Glasuren schöner und leichter fliessen als schlecht gemahlene. Das Mahlen geschieht auf denselben Mühlen, wie die Masse, nur ist die Glasur nach dem Abschlämmen durch ein feines Sieb nicht zu entwässern, sondern zu verdünnen, da sie völlig flüssig als dünner Rahm aufgetragen wird. Man hat auf 1 Gewthl. trockene Glasur etwa 3 Gewthle. Wasser zu rechnen oder die Glasur so zu verdünnen, dass 1 Liter 300 bis 400 Grm. feste Substanz enthält.

Formerei.

Allgemeines.

Man unterscheidet mehrere Gattungen von Waaren: Geschirre, die wieder in Hohlwaaren (Töpfe, Tassen etc.) und Platterie (Teller, Platten) zerfallen; dann Figuren und Kunstsachen mit den Büsten, Statuetten, Lichtbildern, Puppenköpfen etc. Diese Gattungen werden beim Formen sehr verschieden behandelt. Die Formerei geht von dreierlei Zuständen der Masse aus: entweder als bildsamem Teig, oder als flüssigem Schlicker, oder als trocknem Pulver. Trockne Masse dient bei dem nur in wenigen Fällen anwendbaren sogenannten „*Pressen*“, flüssige Masse bei dem ebenfalls beschränkten „*Giessen*“, die bildsam teigige Masse für den weiten Umfang der gewöhnlichen Formerei durch „*Drehen*“ und Formen in Gyps, gegen die das übrige fast verschwindet. Die Formerei mit bildsamer Masse geht wieder auf verschiedenen Wegen auseinander: Freidrehen auf der Scheibe wie die gewöhnlichen Töpfer, Drehen nach Art der Drechsler mit schneidendem Geschirr, endlich arbeiten mit Formen aus Gyps (oder gebranntem Thon). Gewöhnlich kommen diese Arbeiten nicht einzeln und ausschliesslich, sondern in Verbindung sich gegenseitig unterstützend zur Anwendung. Allgemeines.

Die Masse des Porzellans ist kurz, d. h. weniger bildsam als die der meisten Thonwaaren; denn ihr Hauptbestandtheil, der Kaolin, ist schon an sich wenig bildsam, während den Zusätzen (Quarz, Feldspath, Kalk) jede Bildsamkeit abgeht. Darum erfordert das Formen viel Umsicht, eine gewisse Behutsamkeit und fördert die Arbeit weniger als andere Thonmassen. Derselbe Arbeiter wird z. B. in gleicher Zeit beträchtlich weniger Teller in Porzellan als in Fayance liefern. Jederzeit setzt das Formen genaue Kenntniss des Verhaltens der Masse voraus, vor allem der Schwindung. Die Porzellanmasse unterliegt einer doppelten Schwindung, zunächst beim Trocknen, dann beim Brennen. Wie sich von selbst versteht müssen die Waaren um den ganzen Betrag von beiden Schwindungen grösser geformt werden, damit sie eben auf das gewünschte Mass zurückschwinden. Der Betrag der Gesammtschwindung schwankt in weiteren Grenzen zwischen 7 und 17 Proc., in engeren zwischen 9 bis 12 Proc. der linearen Ausdehnung. Sie hängt von der Natur der Masse, vom Feuersgrad beim Brande, aber auch sehr von der Form des Gegenstandes ab; sie ist daher in verschiedenen Fabriken, an verschiedenen Waaren derselben Fabrik ungleich und kann sogar an verschiedenen Theilen desselben Stückes verschieden sein. Die Schwindung ist daher in jeder Fabrik besonders zu bestimmen und beim Formen zu Grunde zu legen. Von der Schwindung im Feuer wird später die Rede sein; zunächst von Be- Die Schwindung.

lang für das Formen und dessen unmittelbaren Erfolg ist die Trockenschwindung.

Loslassen von der Form.

Mit Wasser angemachte Masse, also auch alle daraus geformten Gegenstände, schwinden beim Trocknen stark. Diese Trockenschwindung, deren Betrag einigermassen von der Beschaffenheit des festen Bestandes der Masse, zumeist aber von ihrem Wassergehalt abhängt, ist zugleich ein Segen und zugleich ein Fluch für den Arbeiter; ein Segen, weil sie das Loslassen der nassgeformten Gegenstände aus der Form, ein Fluch, weil sie das Reissen der Waare bedingt.

Frische Porzellanmasse haftet anfangs sehr fest an der Form und kann nicht ohne Zerstörung des Gegenstandes herausgenommen werden. Sobald sie aber in der Form trocknen kann, zieht sie sich vermöge der Schwindung sauber von den Formwänden ab. In der That ist das Loslassen der Waaren von der Form nur ein Losschwinden. Damit dies gehörig gleichförmig geschieht und die Waare nicht stellenweise ankleben bleibt, ist es erforderlich, dass das Trocknen von allen Seiten geschieht. Die freiliegenden Flächen trocknen durch die umgebende Luft, die an der Form anliegenden durch die Formwand. Aus diesem Grunde sind nur poröse Materialien, die stark Wasser ansaugen und es leicht an die Luft abgeben, zu Formen zulässig, keine dichten. Die Praxis bedient sich für das Bearbeiten der nassen Masse beinahe ausschliesslich aus Gyps gegossener Formen, sehr selten solcher aus gebranntem Thon.

Nachtheile der Schwindung.

Einfluss der Trockenschwindung.

Von der grössten Wichtigkeit ist, dass die frischgeformte Waare gleichmässig trocknet; das Gegentheil, ungleiche Trocknung, bedingt Gefährdung der Waare in kaum zu berechnender Tragweite. In der That ist das ungleiche Trocknen (oder, was dasselbe ist, die ungleiche Trockenschwindung) die wesentlichste und eine ungleich häufigere Ursache des Reissens der Waare, als man gemeinhin annimmt. Wenn ein Theil eines Arbeitsstücks früher trocknet als ein anderer, so wird er nothwendig auch früher, d. h. zu einer Zeit schwinden, wo der andere noch keine Ursache dazu hat und nicht nachgiebt; es entsteht eine Spannung zwischen beiden Theilen, die wenn sie einen gewissen Grad erreicht, unfehlbar zum Reissen führt. Dieser Uebelstand wird dadurch sehr tückischer Art, dass die Trockenrisse, wenn die zurückgebliebenen Theile nachgeschwunden sind, sich wieder schliessen, daher kaum sichtbar und selten zu entdecken sind. Aber sie sind nichtsdestoweniger vorhanden und kommen im Brande zum Vorschein, wo sie klaffend werden. Neun Zehntel dieser sogenannten „Brandrisse“ sind sicherlich nichts als durch das Feuer offengelegte Risse von der Trockenschwindung. Unter den nächsten Veranlassungen dazu sind die gewöhnlichsten: ungünstige Lage der Waare beim Trocknen; Stehen auf feuchten Brettern, wobei der Fuss etc. im Trocknen zurückbleibt; ferner Stehen in einseitiger Strömung der Luft, wenn die Stellung nicht rechtzeitig umgekehrt wird; vor allem aber schroffe Abwechslung in der Stärke des Scherbens. Der letztere Umstand erklärt, warum Trockenrisse bei einfachen Gestalten, wie Tellern, Tassen etc., ver-

hältnissmässig selten, aber desto öfter bei Figuren u. dergl. vorkommen. Einige der Praxis entnommene Beispiele werden diesen Einfluss am besten darlegen. Bei den Telegraphenisolatoren, Fig. 154, ist es vorgekommen, dass von 100 Stück je 60 aus dem Feuer kamen mit Rissen, einer wie der andere an ein und derselben Stelle *a* des Halses, ringförmig rundum auf zwei Drittel der Scherbenstärke. Die bestimmt nachweisbare Ursache ist, dass die Masse von aussen am Halse abtrocknete, bevor der starke Knopf und die starke Glocke zum Schwinden kam. Ebenso bei Gewandfiguren: aus dem Querschnitt einer solchen, Fig. 155, ersieht man, wie durch den Faltenwurf Einbuchtungen und Vorsprünge gegeben sind, die bei der herkömmlichen zweckwidrigen Art zu formen, als dicht aneinander liegende sehr schroffe Wechsel der Scherbendicke erscheinen, vom einfachen auf das vier-, sechs- und mehrfache. Die dünnen Stellen *x*, *x* ... trocknen auch hier früher, ausserdem

Einfluss der Trockenschwindung.

Fig. 154.

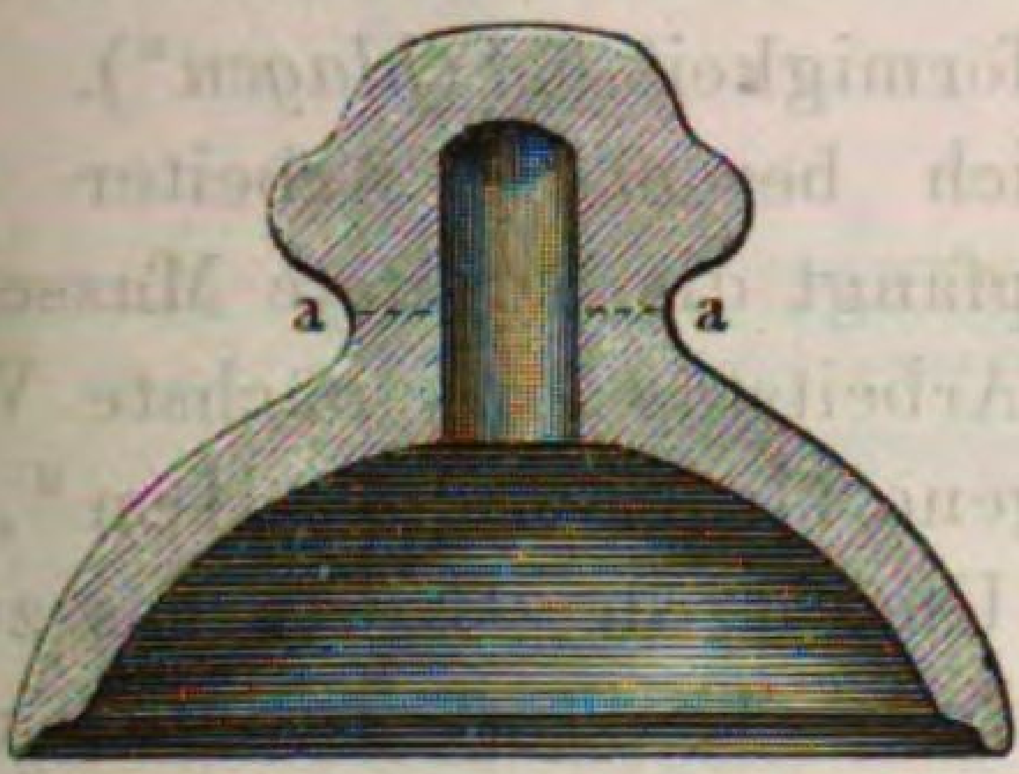
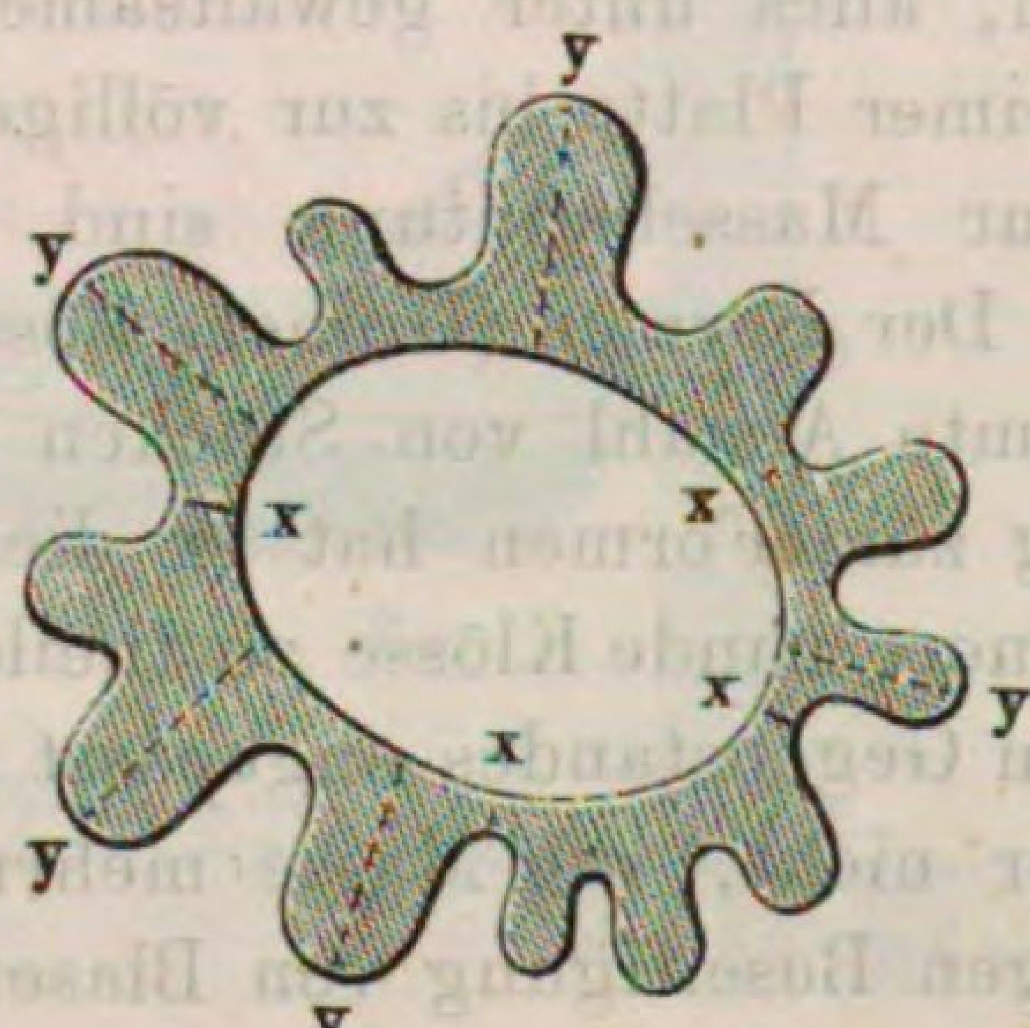


Fig. 155.



bilden die Vorsprünge *y*, *y* ... eben so viele Körper, von denen jeder auf sich selbst schwindet und daher vom anstossenden abreisst *).

Von sehr nachtheiligem Einfluss ist weiterhin Ungleichheit des Drucks auf die Masse beim Formen. Gesetzt man habe eine völlig ebene Tafel aus weicher Masse hergestellt, die an irgend einer Stelle bei der Arbeit einen viel stärkern Druck erlitten, so kommt diese Stelle nach dem Brennen als eine Erhöhung zum Vorschein. Der Grund ist einleuchtend: durch den Druck wird eine gegebene Menge Wasser auf die Seite gedrängt, die gedrückte Stelle wird wasserärmer, die Umgebung wasserreicher. Nach dem Trocknen ist die gedrückte Stelle dichter, die Umgebung lockerer. Da aber im Feuer die ganze Masse auf gleiche Dichte zurückgeht, so muss die lockere Umgebung stärker schwinden als die dichtere gedrückte Stelle, die deswegen etwas aufgeworfen erscheint. Aehnliches tritt stets ein, wenn ein Stück beim Formen an verschiedenen Stellen ungleichem Druck ausgesetzt war, und ist die Ursache,

Einfluss des Druckes.

*) Es fliesst daraus die wichtige Arbeitsregel, auch den Gegenständen mit unregelmässigsten Umrissen stets thunlichst gleiche Scherbenstärke zu geben.

warum Fehler der Behandlung der Masse in diesem Sinn, wie sorgfältig man die Oberfläche nachträglich auch abgleichen mag, im Feuer doch stets als mehr oder weniger störende Unebenheiten und Verwerfungen zum Vorschein kommen. Daraus die andere wichtige Regel, ungleichen Druck auf die Masse, gewaltsame Biegungen, Knicke u. s. w. wie sie beim Vorbereiten und Uebertragen auf die Form so gern vorkommen, möglichst zu vermeiden.

Massebereitung und Schlagen.

Dass schon vor dem Formen in der Masse vorhandene Ungleichheiten gleich schädlich wirken, bedarf kaum besonderer Erinnerung. So wie die Masse aus dem Vorrathskeller angeliefert wird, ist die Oberfläche immer trockner als das Innere, auch häufig Blasen (durch das Faulen) vorhanden. Die Beseitigung dieser Mängel ist die Aufgabe der sogenannten „Massebereitung“, welche dem Formen unmittelbar vorausgehen muss. Sie besteht im Zerschneiden der Massestücke, Wiederzusammenkneten der Theile in veränderter Lage und Umkneten des Ganzen, alles unter gewaltsamem Aufwerfen auf eine Marmortafel oder Kehlheimer Platte bis zur völligen Gleichförmigkeit („*Schlagen*“).

Zur Massebereitung sind gewöhnlich besondere Arbeiter angestellt. Der Former (Dreher, Bossirer) empfängt die bereitete Masse, eine bestimmte Anzahl von Stücken für den Arbeitstag; als nächste Vorbereitung zum Formen hat er die empfangene Masse in „Ballen“, d. h. in kleinere runde Klösse zu theilen, deren Umfang der Grösse des zu formenden Gegenstandes angepasst ist. Bei dieser Theilung in Ballen unterlässt er nicht, die Masse mehrmals zu schlagen, namentlich zur vollständigen Beseitigung von Blasen.

In der Formerei ist streng auf allseitige Reinlichkeit zu halten. In die Masse gekommene Körner schwinden los und verunstalten die Waare oft; Eisen- und Kalkkörner bilden im Feuer missfarbige Ausschmelzungen; organische Substanzen (Holzspäne, Tropfen von Talgkerzen, Stearin etc.) Löcher durch Ausbrennen.

Werkzeuge zur Formerei.

Die Scheibe.

Die Werkzeuge zum Formen sind im Ganzen einfach. Das Hauptwerkzeug ist die Drehscheibe oder Töpferscheibe, theils zum wirklichen Drehen, soweit die zu formenden Gegenstände Umdrehungskörper sind, theils als drehbarer Tisch zur bequemern Handhabung und leichten Wenden der Form gebraucht. Ferner in Verbindung mit der Drehscheibe, die Dreheisen als schneidende Werkzeuge; Werkzeichnungen und Modelle; endlich im weitesten Umfang des Gebrauchs Formen aus Gyps; selten, und zwar zum Pressen, Metallformen.

Die Drehscheibe in ihrer einfachsten Form ist nicht wesentlich von der der gemeinen Töpfereien verschieden. In dem Stuhl, einem starken Holzgerüst *a b*, Fig. 156, befindet sich die senkrechte Welle *c*, die sich unten

bei *e* in einer Spur und oben bei *i* in einem Lager dreht. Die Bewegung erhält die Welle von den Füssen des Arbeiters, mittelst der Holzscheibe *gg*, die zugleich als Schwungscheibe dient. Ueber dem Lager *i* geht die

Die Scheibe.

Fig. 156.

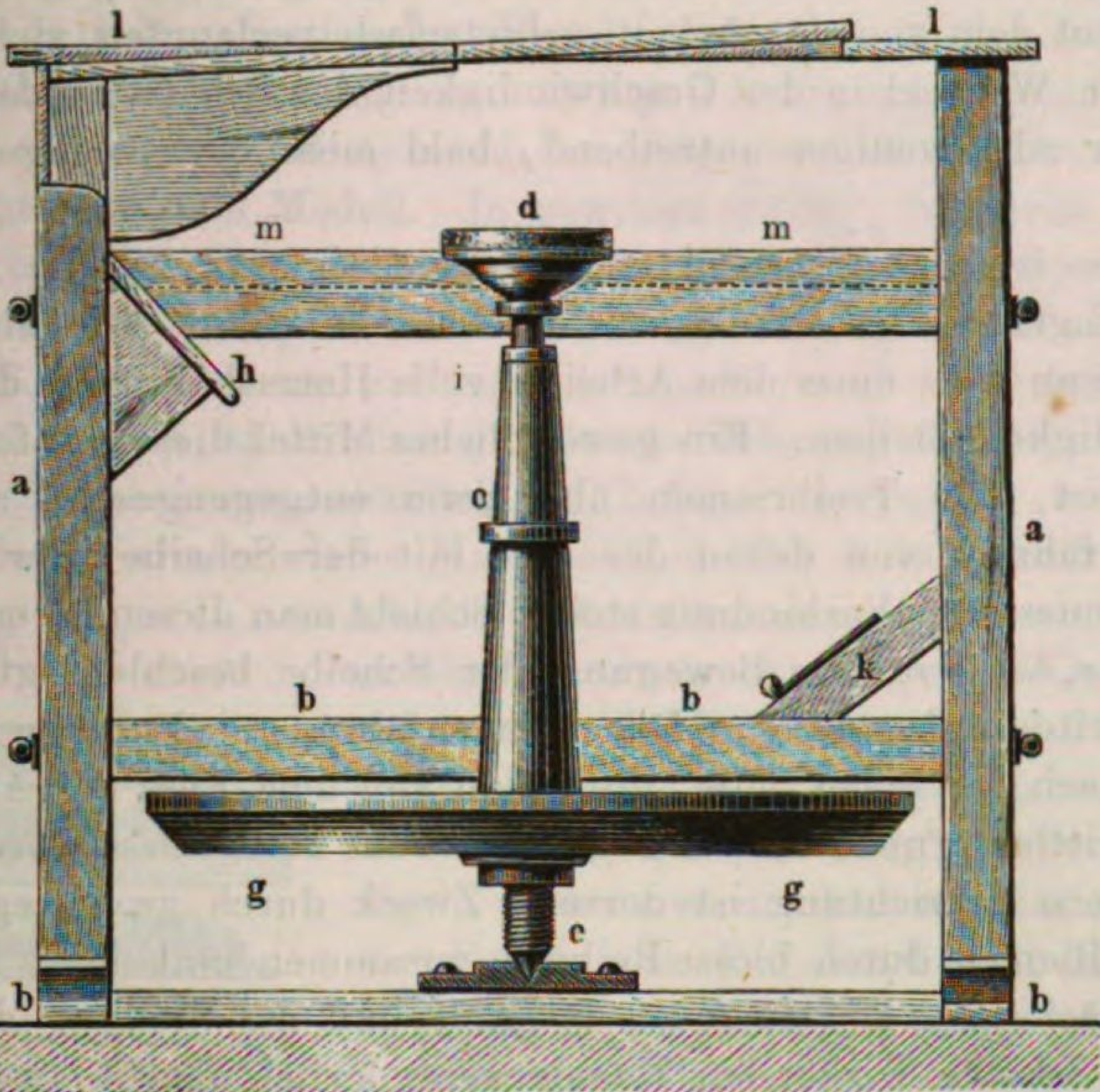
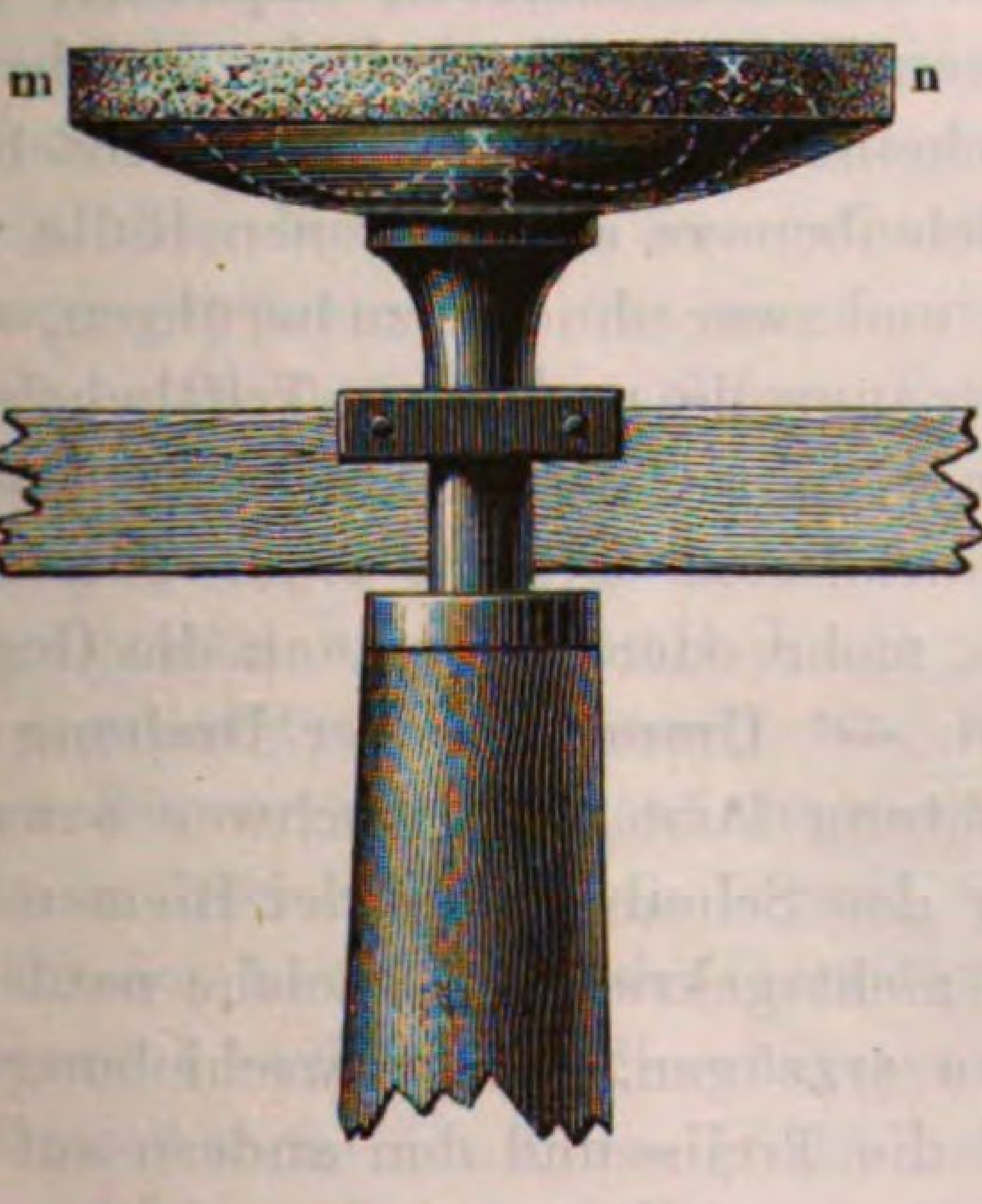


Fig. 157.



Welle durch das Tischblatt *mm* und bildet dort den Scheibenkopf *d*. Dieser letztere, Fig. 157, besteht aus einem oben völlig ebenen, unten abgerundeten starken Körper von Gyps *mn*, in welchen die Mutterschraube *x* (mit Flügeln) eingegossen ist. Die Welle ist am oberen Ende mit einer männlichen Schraube versehen, auf welche die Mutter passt. Der Schraubenkopf kann so beliebig aufgesetzt, abgenommen und gegen anders geformte verschiedenen Zwecken angepasste Schraubenköpfe, die man vorräthig hat, ausgewechselt werden. Bei dem Gebrauch der Scheibe

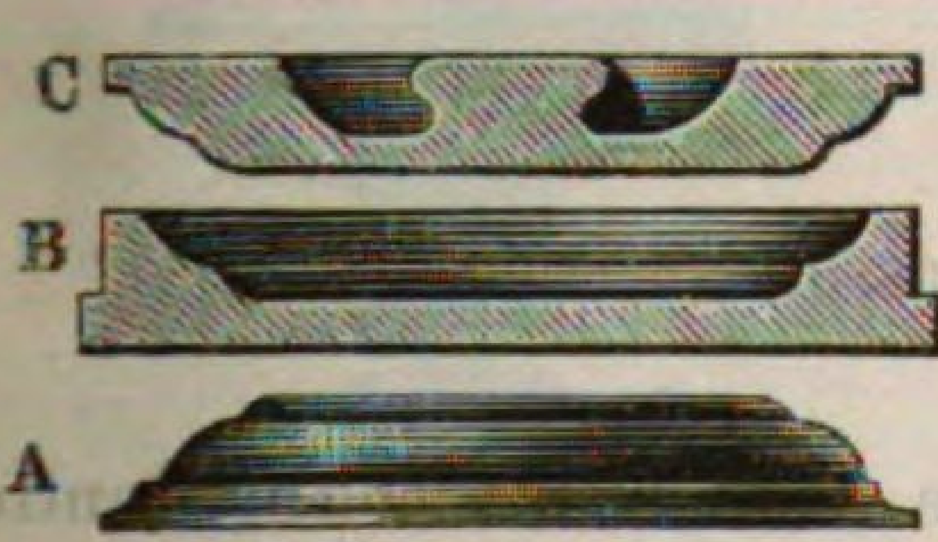
Die Scheibe. sitzt der Arbeiter auf der Bank *h* vor dem Kopf *d* und Tisch *m*, den einen Fuss gegen das Brett *k* stemmend, mit dem andern die Schwungscheibe *g* treibend. Diese Einrichtung ist insofern unbequem, als der Arbeiter mit dem Oberkörper seinen Gegenstand auf dem Scheibenkopf ohne Auflage und Anlehnen frei bearbeiten muss, während neben seinen Händen auch noch das eine Bein in Bewegung ist; dagegen entspricht sie sehr gut dem von der Arbeit gebieterisch verlangten vielfachen und oft raschen Wechsel in der Geschwindigkeit der Scheibe, indem der Fuss bald mehr oder weniger antreibend, bald mehr oder weniger bremsend wirkt.

Dieser letztere Umstand erschwerte einigermassen die Ausführung des naheliegenden Gedankens, die Drehscheibe durch Maschinenkraft zu treiben, denn stets muss dem Arbeiter volle Herrschaft über die Umlaufsgeschwindigkeit bleiben. Ein gewöhnliches Mittel dieser Anforderung zu genügen ist, den Treibriemen über zwei entgegengesetzt angebrachte Kegel zu führen, von denen der eine mit der Scheibe, der andere mit der Transmission in Verbindung steht. Schiebt man diesen Riemen nach der einen Seite, so wird die Bewegung der Scheibe beschleunigt, nach der andern Seite verlangsamt. Der Riemenführer wird durch ein Gegengewicht nach der einen Seite, durch ein von dem Fuss des Arbeiters bewegtes Trittbrett nach der entgegengesetzten Seite verschoben. — Nach einer andern Einrichtung ist derselbe Zweck durch zwei Kegel erreicht, die ohne Riemen durch blosse Reibung zusammen umlaufen. Indem man die Oberfläche des Kegels etwas krümmt und die Stellung der Axe des nach der Scheibe wirkenden Kegels veränderlich macht, werden beide Kegel mit verschiedenen Durchmessern sich berühren, also die Bewegung auch mit verschiedener Geschwindigkeit übertragen werden. Die veränderliche Neigung des einen Kegels gegen den andern wird ebenfalls durch den Fuss des Arbeiters mittelst eines Trittbretts bewirkt. — Eine dritte Art, welche sich durch Einfachheit und dadurch empfiehlt, dass sie den Uebergang der Drehscheibe von Bewegung zur Ruhe viel besser vermittelt, ist folgende. Die Drehscheibe wird durch eine Treibschnur getrieben, vermittelst einer auf der Scheibenaxe aufgezogenen Rolle. Die Schnur geht hart an der Treibrolle her, und zwar ohne sie zu berühren, wird aber nach Bedürfniss mittelst einer Spannrolle und eines Tritthebels an die Treibrolle angedrückt. — Bei einer vierten Art geschieht die Uebertragung der Bewegung von der Transmission mittelst einer Frictionsscheibe, welche mittelst eines Trittes mehr oder weniger an die Gegenrolle der Drehscheibe angepresst wird. — Umsetzung der Drehung der Scheibe in die entgegengesetzte Richtung lässt sich unschwer bewerkstelligen, indem man zur Bewegung der Scheibe zweierlei Riemen anwendet, einen gekreuzten und einen nicht gekreuzten, welche natürlich Drehung im entgegengesetzten Sinne erzeugen. Die Verschiebung ist so, dass sie gleichzeitig je einen auf die Treib- und den andern auf die Leerrolle schiebt, so dass immer nur einer arbeitet.

Gypsformen.

Zur Herstellung der Gypsformen sind zunächst Modelle erforderlich, theils von Metall, am gewöhnlichsten von Gyps. Die Modelle stellen den zu formenden Gegenstand dar, aber in um den Betrag der Schwindung vergrösserter Dimension. Das Abgiessen geschieht nach den gewöhnlichen Regeln (Bd. I, Abth. II, S. 723 ff.); für Formen zu teigförmiger Masse mittelst „Säen" und Abgiessen des überschüssigen Wassers. Metallene Modelle übergeht man mit dem Fettlappen. Modelle von Gyps werden mit Leinöl oder „Anstrich", einem Gemenge von Oel und Seife, überzogen, um das Anhaften zu verhindern. Mit einmaligem Abgiessen ist die Form natürlich ein Negativ zu dem Modell. In gewissen Fällen, wie beim Formen von Tellern, hat man aber positive Formen nöthig, Fig. 158; man erhält sie durch zweimaliges Abgiessen, und gelangt vom Modell *A* durch die Modellform *B*, oder Matrize, zur eigentlichen Form *C*. Das sogenannte „Treiben" des Gypses, d. h. eine gewisse Ausdehnung des Gypses beim Festwerden, ist dabei von schädlichem Einfluss, namentlich wenn man über vorhandene Formen wieder Matrizen und über diese wieder Formen giesst, weil alsdann immer grössere Formen erfolgen. Nach 20maligem Wiederholen wachsen so die Durchmesser von 25 auf 27 Centimeter. — Alle Einflüsse beim Giessen der Form, welche ihre Saugkraft beeinträchtigen, sind zu vermeiden, wie das Anhaften von Fett u. s. w. Bei dem Gebrauch des Anstrichs geht die Seife mit dem Gyps, in den sie etwas eindringt, eine Zersetzung ein, es entsteht etwas schwefelsaures Alkali und Kalkseife, letztere als hinderliche dünne Kruste bleibend. Insofern ein eingeformter Gegenstand Stunden bedarf bis er losschwindet, hat man für alle häufig verlangte Artikel eine grössere Anzahl Formen, ein oder mehrere Dutzend, so dass die Formung ununterbrochen gehen kann. — Bei allen Formen, bei denen das Arbeitsstück einen grössern Querschnitt hat, als die Mündung, ebenso bei Unterschneidungen und sonstigen Unregelmässigkeiten der Gestalt, kurz in allen Fällen, wo der geformte Gegenstand nicht aus der Form herausginge, wenn sie aus einem einzigen Stück bestände, — ist eine Zerlegung in zwei oder mehrere Theile nothwendig. So bei Geschirren mit Bauch, mit geschweiften Hälsen etc., wo meist noch zweitheilige Formen genügen; so bei Figuren, Statuetten, wo die Form oft äussert zusammengesetzt wird. Damit die Formtheile mit einem raschen Griff zusammengepasst werden können, sind sie mit einem Schloss, d. h. mit knopfartigen Hervorragungen auf der einen und entsprechenden Vertiefungen auf der andern zugehörigen fugenden Fläche versehen.

Fig. 158.



Die Lehren.

Mit der Anwendung der Gypsformen ist gewöhnlich die der „Lehren" (Chablonen) verbunden. Sie sind von Messingblech, Eisenblech oder Holz und formen meist die innere Fläche, seltener (wie bei Tellern) die Aussenfläche. Sie werden nach dem um die Schwindung vergrösserten Umriss

der Waaren geschnitten; die formende Kante der Lehre ist meisselartig zugeschärft. Im Zusammenwirken mit der Gypsform muss die Lehre so gestellt sein, dass der Abstand ihrer formenden Kante von der Wand der Gypsform eben die Scherbendicke giebt. Zum Behufe einer gleichen Scherbendicke, also eines gleichen Abstandes von der Wand, giebt man der Lehre eine Führung, d. h. eine stumpfe Kante mit Anschlag an den Formrand, wodurch sie dann von selbst in der richtigen Lage bleibt. — Sonst bedarf man noch Zirkel, namentlich Tastzirkel zweierlei Art, für lichte und für äussere Dimensionen.

Fig. 159.



Fig. 160.



Dreheisen.

Die Dreheisen, zum Abdrehen halbtrockner Waaren mit schneidendem Geschirr, sind mannichfach geformte Blättchen von weichem Sensenstahl auf einen Stiel mit Handgriff so aufgenietet, dass die Achse des Stiels senkrecht auf der Ebene des Plättchens steht, Fig. 159 und Fig. 160. Sie müssen von weichem Stahl sein, damit man sie leicht und nach Bedürfniss mit der Schlichtfeile schärfen kann.

Formen mit bildsamer Masse.

Aufdrehen.

Das Formen durch „*Drehen*“, wie man die Arbeit mit schneidendem Geschirr schlechthin nennt, beginnt wie die meisten Arten zu Formen mit dem „*Aufdrehen*“.

Ein Ballen frischgeschlagener Masse, in einer dem herzustellenden Stück angepassten Grösse, wird auf den Scheibenkopf angeworfen, wodurch er festklebt. Unter gleichzeitigem Umlaufen der Scheibe und Andrücken der mit Schlicker befeuchteten Hände zieht man den Ballen auf Fig. 161. Der Druck der langsam aufsteigenden Hände erzeugt spiralförmige Gänge, welche nach dem Brennen der nachher rein abgedrehten Stücke gern wieder zum Vorschein kommen (S. 311). Es ist daher gut und üblich, die Masse nach dem ersten Aufziehen mit dem Draht vom Scheibenkopfe abzuschneiden, in umgekehrter Lage zu befestigen und ein zweitesmal aufzuziehen. Alsdann kreuzen sich die ersten Spiralen mit denen beim zweitenmal entstehenden und heben sich einander in ihrer schädlichen Wirkung auf. Die Dreher lassen den Ballen auch nach dem Umkehren gern noch einigemal auf- und niedergehen, um die Masse gleichförmiger zu machen. Zuletzt giebt man dem Stück durch Eindrücke der beiden Daumen die Höhlung und führt die Wände durch Aufziehen zwischen Daumen und Händen (zuletzt auch wohl mit Hülfe der „Lehre“) auf die erforderliche Höhe. Eine Tasse erhält so nacheinander die Formen Fig. 161 bis Fig. 163 (x ist der Scheibenkopf). Der so erzeugte Körper, „*die Hugel*“, hat nur ganz im Rohen und ungefähr die Form des fertigen Stückes; es fehlen alle Einzelnheiten und feineren

Die Hugel.

Glieder des Umrisses, während die Wandstärke das Mehrfache beträgt. Die fertigen Hugeln werden mit dem Drahte abgenommen und reihenweise auf ein Brett geordnet.

Abdrehen.

Sie bleiben auf den Brettern so lange auf dem Trockengerüst stehen, bis sie „*leberhart*" geworden, d. h. die Festigkeit von frischer Seife gewonnen haben. In diesem Zustande schneidet das Dreheisen, dem sie nun hinreichenden Widerstand bieten, einen glatten Spahn bei nunmehr erfolgendem „*Abdrehen*". Zu dem Ende klebt man eine Hugel nach der andern mit etwas Schlicker auf die Drehscheibe, hilft mit einigen kurzen Stössen nach bis sie concentrisch läuft und dreht sie dann

Fig. 161.

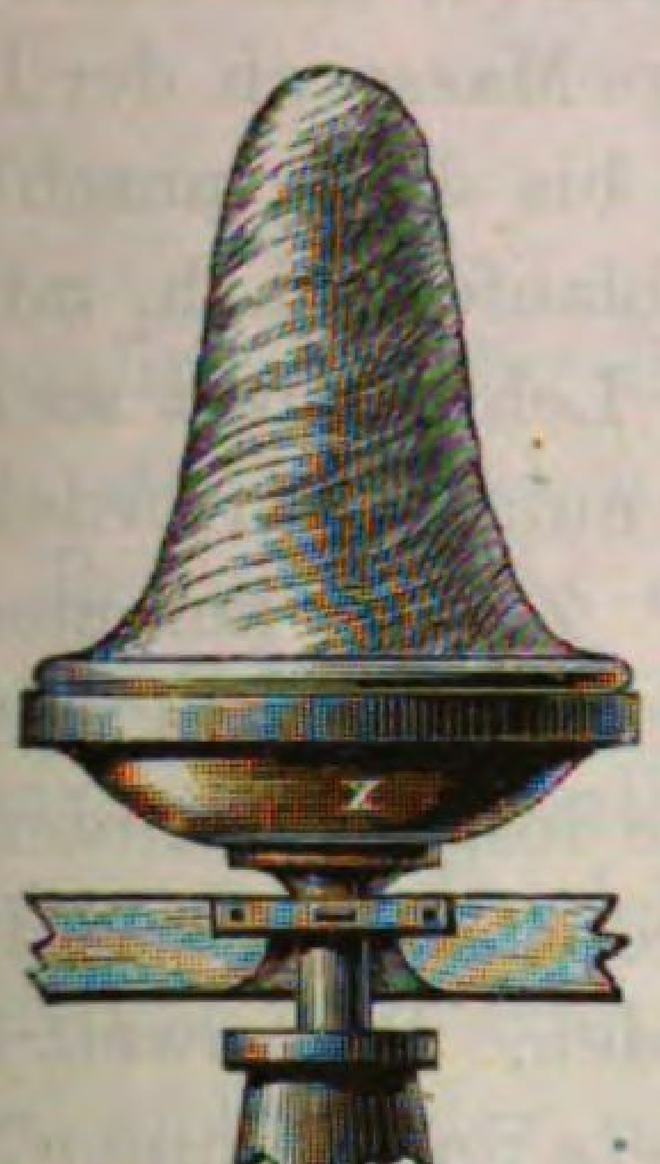


Fig. 162.

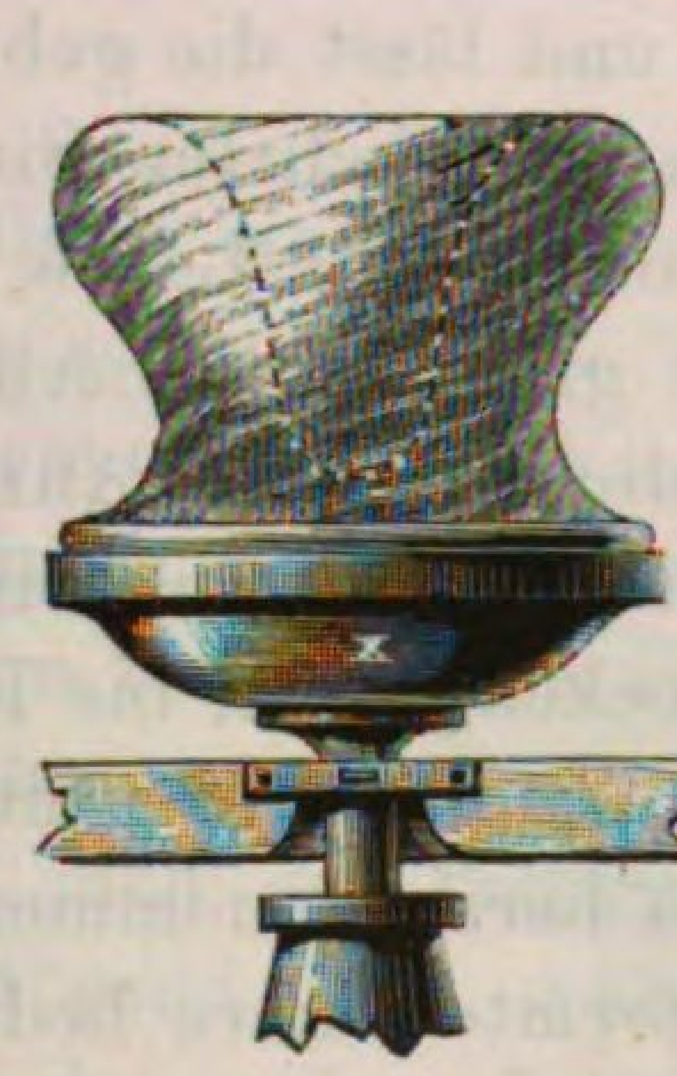


Fig. 163.



nach Vorschrift einer Werkzeichnung und mit Hülfe des Zirkels auf den gewünschten Umriss ab. Zuletzt erfolgt das Ansetzen der Garnituren, wo solche erforderlich, wie Henkel bei den Tassen u. s. w.

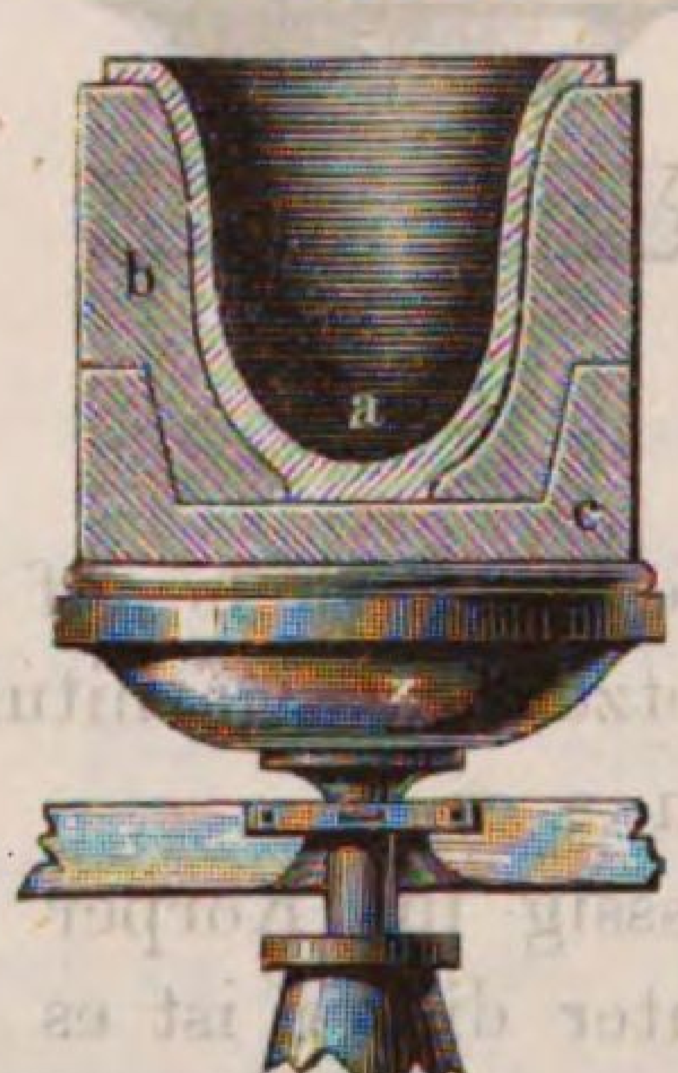
Selbstverständlich ist das Abdrehen nur zulässsig für Körper von kreisförmigem Querschnitt, die rund laufen, und unter diesen ist es nur gebräuchlich für gewisse dazu geeignete Gattungen von einfachen Hohlwaaren, Tassen, Eierbechern u. s. w., niemals für Platterie. Das Abdrehen erfordert viel Masse, giebt viel Abfall in Spänen, die wieder aufgeweicht und auf der Mühle umgearbeitet werden müssen, es ist kostspielig durch Aufwand an Zeit und Arbeit. Dagegen ist die abgedrehte Oberfläche in einem Grade schlicht, sauber, gleichförmig und für das Auge ansprechend, der der durch keine andere Art der Formung erreichbar ist. Aus letzterem Grunde werden auch viele aus Gypsformen gebildete Waaren mit dem Dreheisen nachgedreht. In Fabriken, die mehr auf Billigkeit der Herstellung als auf alles andere sehen müssen, ist dagegen das Abdrehen so gut wie ganz verschwunden.

Die Gypsformen sind das am häufigsten dienende Hülfsmittel und in den Porzellanfabriken in grosser Zahl und Mannichfaltigkeit vorhanden. Die Arbeit mit Gypsformen ist verschieden, je nachdem der Gegenstand von einfacherer oder verwickelterer Gestalt ist: drehrund, oval, eckig, ganz unregelmässig, hohl oder flach, Geschirr oder Figur u. s. w.

Einformen.

Bei regelmässig drehrunden Hohlwaaren, wie Tassen, Töpfen u. s. w., ist der Anfang derselbe wie beim Abdrehen, nemlich Aufdrehen einer Hugel, hier eines hohlen, plumpen Körpers frei aus der Hand, nach den beschriebenen Kunstgriffen. Nachdem eine Anzahl Hugeln aufgedreht, aber ehe sie abgetrocknet sind, beginnt das „*Einformen*". Man legt dann eine Hugel in die Gypsform ein und centrirt diese letztere unter langsamem Antreiben der Scheibe. Indem der Arbeiter nun die Lehre an die innere Fläche der Hugel unter gelindem Druck anlegt, erweitert und verdünnt sich die Hugel, bis sie sich überall dicht an die Form anlegt und genau den Raum zwischen der Kante der Lehre und der Formwand ausfüllt. Die überschüssige Masse wird von der Lehre abgestrichen. Ist so die richtige Gestalt und Scherbendicke, Fig. 164 (*a*, eine Tasse, *b*, *c* die Form) erreicht, so streicht man die überschüssige Masse an der Lehre ab, setzt diese nochmals ein und lässt die gebildete bis dahin unschlichte Fläche noch einmal, aber im umgekehrten Sinne ablaufen, d. h. mit der Schneide statt gegen die Schneide der Lehre. Die Lehre wirkt so streichend statt schneidend und giebt der Oberfläche nun das erforderliche schlichte glatte Ansehen. Zuletzt kommen die Formen mit der eingeformten Waare auf das Trockengerüst, bis letztere losgeschwunden; sie kann nun zum weitern vollständigen Abtrocknen herausgenommen werden. Die soweit fertig geformte Waare bedarf stets noch einiger Nachbesserungen und Nacharbeiten; die Ränder sind unsauber und schneidend, die äussere Oberfläche, so wie sie von der Gypsform losgeht, ist etwas rauh. Diese Fehler werden durch „*Abschachteln*", d. h. Bearbeiten des Gegenstandes mit einer feinen Sorte Glas- oder Sandpapier auf der Drehscheibe, beseitigt. Sind Henkel, Schnauzen oder sonstige Garnituren anzusetzen, so muss dies nach dem Ausnehmen aus der Form im halbtrocknen Zustande geschehen. In diesem Zustande pflegt nun auch das Nachdrehen mit dem schneidenden Eisen, wenn man davon Gebrauch macht, zu geschehen. Namentlich gilt dies von dem Fuss der Waare, wenn derselbe nicht so einfach ist, dass er schon von der Gypsform gebildet wird. In jenem Fall giebt die Form nur einen verdickten Boden, Fig. 165, in welchem man den Fuss, Fig. 166, auch Hohlkehlen u. s. w. mit dem Dreheisen nachschneidet.

Fig. 164.



Auch Platterie, wie Teller, runde Schüsseln etc., können auf diese Art (Aufdrehen einer flachen Hugel, Einformen in die Gypsform mit der Lehre, Nachdrehen des Fusses, Abschachteln) hergestellt werden, wie dies früher gebräuchlich war; sie halten sich nach dieser Methode besser im Feuer, aber sie ist zu zeitraubend und kostspielig und darum fast überall der neueren gewichen, dem „*Ueberschlagen*". Dort formt der Gyps

die äussere Fläche des Stücks, die Lehre die innere Fläche; hier umgekehrt; dort geht man von der Hugel aus, hier von der „*Schwarte*". Die Schwarte ist ein flacher ebener Kuchen von Masse, etwas dicker und von etwas grösserm Durchmesser als das künftige Geschirr, deren Herstellung und Behandlung ganz besondere Umsicht erfordert, wenn nicht von vornherein der Grund zu Fehlern gelegt sein soll. Es ist so gut wie Ueberschlagen.

Fig. 165.



Fig. 166.



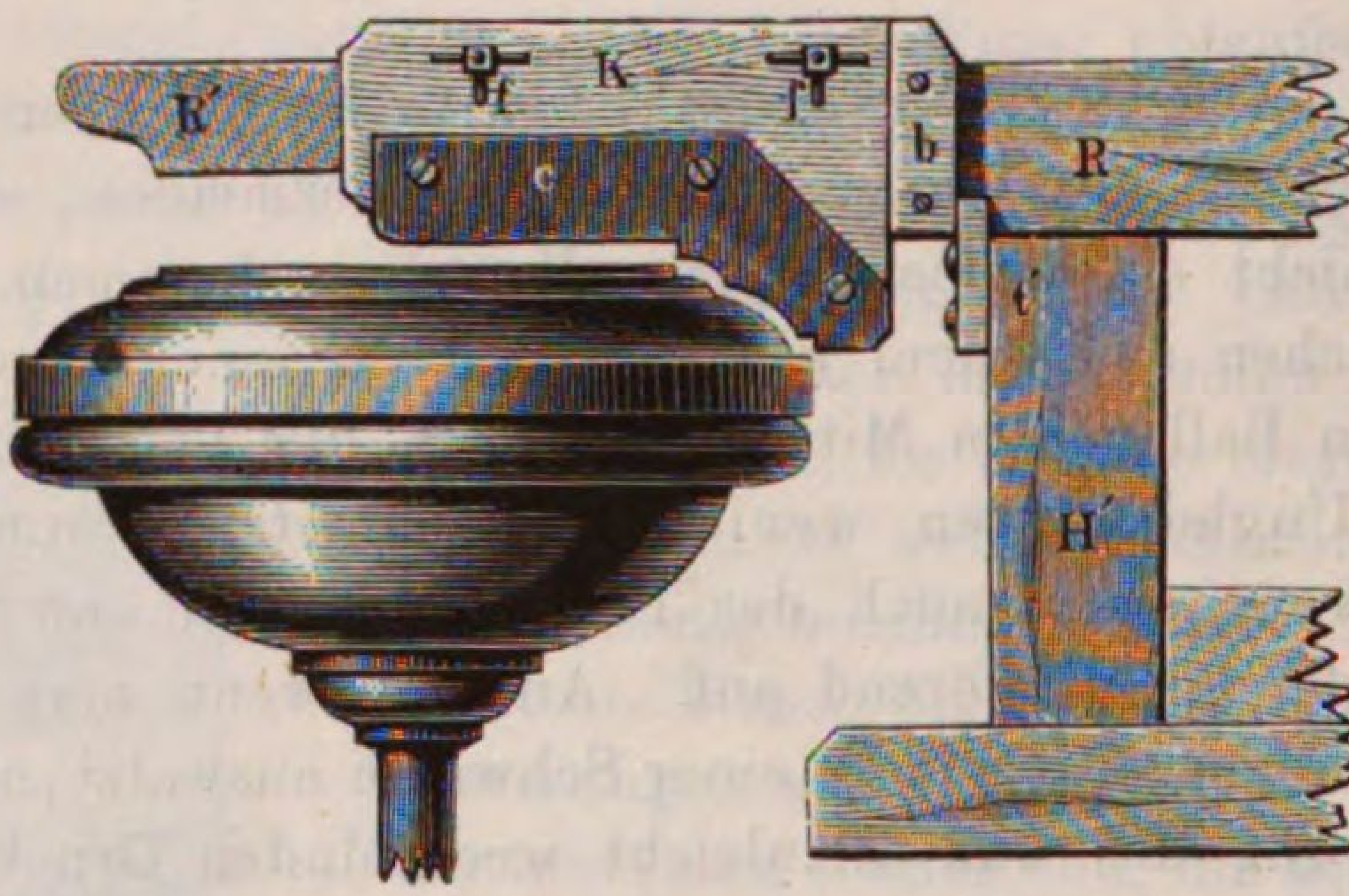
unmöglich, bei der Herstellung einer Schwarte Ungleichheit der Behandlung, des Drucks u. s. w. so vollständig zu vermeiden, dass sie nach dem Brennen nicht einigermassen zum Vorschein kommen. Wenn man den runden Kuchen aus einem Stück Masse auf einer Gypsplatte dreht, indem man den Ballen vom Mittelpunkt nach der Peripherie treibt, so kommen jene Ungleichheiten wenigstens symmetrisch um den Mittelpunkt der Schwarte, also auch des Tellers zu liegen und fallen so dem Auge nicht, oder nicht störend auf. Anders, wenn man einen Ballen Masse etwa mit dem Wellholz zu einer Schwarte auswalzt; alsdann findet einseitige Richtung des nun allzuleicht wechselnden Drucks statt. Alle unterlaufenden Ungleichheiten ordnen sich in parallelen Streifen auf der Schwarte wie auf dem Teller, geben diesem eine Neigung sich einseitig zu verziehen oder fallen unangenehm auf. Auch das Uebertragen der Schwarte auf die Form ist eine häufige Quelle von Fehlern. Wird die Schwarte dabei vorübergehend scharf gebogen oder gar eingeknickt, so kommt die Biegungslinie unweigerlich nach dem Brennen (meist über dem Durchmesser des Tellers) wieder zum Vorschein, wie vollständig sie auch beim Drehen verschwunden war. Eine dritte Art, sich die Schwarten zu verschaffen, besteht darin, dass man Masse zu einem grossen Ballen sorgfältigst schlägt, und diese mit dem Draht in gleich dicke Blätter schneidet. Man erhält so gewissermassen neutrale Schwarten, die so gut wie ohne Druck hergestellt, insofern auch gleichförmig sind, deren Werth jedoch sehr von der gleichen Zurichtung und Homogenität der Masse abhängt. Die Wahl unter diesen Wegen richtet sich zumeist nach der Natur der bald mehr bald weniger empfindlichen Porzellanmasse. Das gewöhnliche Verfahren beim Ueberschlagen, schwierige Massen vorausgesetzt, ist folgendes.

Ueber eine runde, ebene, auf die Drehscheibe geklebte Gypsplatte breitet man ein Stück nasses geschmeidiges Sämischleder, setzt den Ballen in den Mittelpunkt auf, treibt ihn mit dem Daumen bei mässiger

Ueberschlagen.

Geschwindigkeit der Scheibe flach zum erforderlichen Durchmesser aus und ebnet die Oberfläche durch Anhalten einer geradkantigen Klinge. Die so gewonnene Schwarte kann nun in der Hand des geübten Arbeiters leicht mittelst des sämischen Leders auf die Form übertragen, und umgekehrt werden, ohne scharfe Biegung. Die Form ist auf einer zweiten Scheibe mit der Lehre angebracht, Fig. 167. Der Scheibenkopf für die Tellerform ist im Mittelpunkt mit einem eingegossenen Futter von gebranntem Porzellan versehen mit einer viereckigen Vertiefung, die Form an der Unterseite mit einem eben solchen, genau passenden Zapfen. Da die Form von vornherein in dieser Befestigung auf der Scheibe abgedreht ist, so hat der Arbeiter seine Form ohne weitere Mühe nur mit dem Zapfen einzusetzen und ist sicher, dass sie genau richtig und

Fig. 167.



centrisch läuft. Zur Seite an dem Gestelle H' ist ein um den Punkt R drehbarer Arm RR' befestigt, den man beliebig aufheben und senken kann bis er auf dem Widerlager t' aufliegt. Auf diesem Arme ist die Lehre c gegen das Blech K mittelst ff festgeschraubt und zwar genau in die zur Form passende Stellung. Diese Vorrichtung heisst die „*Bockschablone*". Sie ist anfangs zurückgeklappt, so dass der Arbeiter seine Schwarte bequem und frei mit dem Leder überschlagen kann. Ist dies geschehen, so lässt er unter langsamem Drehen der Scheibe erst die Schwarte sammt dem Leder mit einem weichen nassen Schwamm gegen die Form anlaufen, wobei schroffe einseitige Faltungen sorgfältig zu vermeiden sind. Alsdann zieht er das Leder ab und lässt die Schwarte für sich mittelst Schwamm und Schlicker noch genauer anlaufen. Zuletzt senkt er die Lehre herab gegen die Schwarte, so dass sie langsam in Angriff kommt; dabei muss die Form anfangs „mit der Lehre" (gegen deren Zuschärfung) laufen, so dass sie nur streichend *) wirkt, letztere stetig mit Schlicker

Die Bockschablone.

*) Weil die dünne Schwarte sonst zu leicht einreisst oder sich faltet.

durch den Schwamm befeuchtet und die abgestrichene Masse von der Lehre öfter abgenommen werden. Der Teller ist in der Hauptsache geformt; zu schärferem Umriss lässt man die Form nun gegen die Lehre, zuletzt zur Glättung noch einmal mit der Lehre laufen; der Rand des Tellers formt sich in der einen Zoll breit überstehenden Gypsform mit den übrigen Theilen. Hierauf hebt man die Form mit dem Teller ab aufs Trockengerüst. Zu rasche Bewegung der Form gegen die Lehre ist immer gefährlich, nicht nur weil unsaubere Flächen entstehen, sondern zumeist, weil der Fuss *nn* leicht ausreisst.

Man sollte erwarten, dass der frisch geformte Teller durch die Gypsform, die er bei dieser Formung umschliesst, am Schwinden gehindert und reissen würde; allein er gleitet vermöge der schwachen Neigung der formenden Fläche an dieser beim Schwinden aufwärts, wodurch das Hinderniss überwunden wird. Die losgeschwundenen, von der Form abgenommenen und weisstrocken gewordenen Teller bedürfen noch sauberer Abrundung des Randes und Abschachteln der Oberfläche. — Aehnlich behandelt man die anderen drehrunden Platterien.

Ovale Platten und Flachgeschirre lassen sich natürlich nicht auf der gewöhnlichen Scheibe in obiger Weise behandeln. Man hat zwar sogenannte „Ovalscheiben“, d. h. als Drehscheiben construirte Ellipsographen, aber sie sind selten gebraucht, weil die Geschwindigkeit bei jedem Umlauf an einigen Punkten wechselt und ein unsteter Gang schwierig zu vermeiden ist. Auch eine andere Vorrichtung hat weniger Eingang gefunden: Das ovale Stück dreht sich auf der gewöhnlichen Scheibe um einen Mittelpunkt, als ob es kreisrund sei; dagegen aber schiebt sich die Lehre mittelst eines besonderen Mechanismus während jeder Umdrehung zweimal vor und zurück, dem ovalen Umriss folgend. Im Allgemeinen formt man ovale Geschirre aus Schwarten von freier Hand und setzt die Form, lediglich um sie bequem nach allen Richtungen bewegen zu können, auf die Drehscheibe. Ebenso bei vier- und bei achteckigen Formen etc. Je nachdem sie tief oder flach sind, werden sie eingeformt, oder übergeschlagen. Der Fuss dieser von freier Hand auf Gypsformen übergeschlagenen Geschirre wird mittelst einer besonderen, zuletzt auf den fertigen Boden aufgesetzten Gypsform gebildet; bei eingeformten Gegenständen ist der Fuss gleich in der Hauptform. Ovale Waare.

Nicht selten hat man mit Gegenständen zu thun wie Tafelaufsätze, Saucièren u. s. w., bei denen man — abgesehen von den eigentlichen Garnituren — die einzelnen Theile (bei einer Saucière z. B. Bauch und Fuss) für sich formt und schliesslich zusammensetzt. Diese Zusammensetzung geschieht dann entweder, wie bei dem Garniren, mit Schlicker aus Masse, so dass der geformte Gegenstand schliesslich ein Stück bildet (Saucière); oder die Theile bleiben getrennt und werden zuletzt nach dem Brennen mit eingeschobenen Eisenstangen und Schrauben zusammengefügt (viele Tafelaufsätze). — Es kann bei Gegenständen von gemischter Form auch zweckmässig sein, einen Theil frei zu drehen, einen Zusammensetzen nach dem Brennen.

anderen einzuformen und sie nachher zusammenzufügen, wie ohnehin bei allen Garnituren der Fall.

Formen von Figuren.

Figuren, also Büsten, Statuetten u. s. w., welche stets hohl, aber auch andere Gegenstände von abweichender Bestimmung, wie Füsse, Henkel, Knöpfe etc., welche stets voll gearbeitet werden, erfordern natürlich allseitig geschlossene Formen. Einfache Gestalten, wie die zuletzt genannten, die sich durch eine Ebene in zwei gleiche Hälften zerlegen lassen, werden aus zweitheiligen Gypsformen hergestellt. Dies geht natürlich bei verwickelten Gestalten mit Biegungen, Einschnitten, Ausladungen aller Art und Unterschneidungen nicht mehr an. Bei diesen muss die Form in so viele Theile zerlegt sein, dass jeder einzelne frei und ohne Beschädigung der geformten Figur abgezogen werden kann. Solche Formtheile heissen *„Keilstücke“*. Sie liegen in einer starken Hülle von Gyps, *„der Muschel“*, die in zwei Hälften zerlegbar ist. Damit bei den Arbeiten die Muschelhälften und Keilstücke leicht und sicher in die richtige Lage kommen, so sind alle aneinander stossenden Fugen mit Loch und Zapfen eingepasst und mit dem Rücken genau in die Muschel, also nur an ihrer resp. Stelle, anschliessend. Alles dies genügt für die Anlage der Form noch nicht, denn da diese eine geschlossene ist, so kann die eingeformte Masse nur durch Zusammenpressen der Formtheile alle Vertiefungen ausfüllen. Damit diese Pressung wirksam wird, muss ein gewisser Ueberschuss von Masse vorhanden sein, über das zur Ausfüllung gerade nothwendige Mass. Dieser Ueberschuss wird beim Zusammenpressen zur Seite, d. h. in die Fugen der beiden Formhälften gequetscht und würde dort den völligen Schluss der breiten und flachen Formränder, also auch einen fehlerfreien Abdruck, verhindern. In Berücksichtigung dieser Sachlage läuft rings am inneren Rande der Form und zwar an beiden Hälften ein hinreichend tiefer Einschnitt her; indem diese Einschnitte sich decken, bilden sie einen Kanal zur Aufnahme der überschüssigen Masse; zwischen dem Kanal und der inneren Kante bleibt ein Grat stehen, breit genug, um nicht zu leicht wegzubrechen, aber auch schmal genug, um die ausgequetschte Masse durchzuschneiden.

Bei dem Formen hat nun der Arbeiter die beiden Muschelhälften neben einander vor sich liegen, in jeder die zugehörigen Keilstücke eingepasst. Er legt nun die vorher zubereitete geschlagene Masse von einem Ende zum andern ein, allmählich fortschreitend und überall mit dem Daumen in die Vertiefungen sorgsam in gehöriger Wandstärke eindrückend, bis beide Formhälften ganz und gar ausgelegt sind, aber so, dass die eingelegte Masse um den Rand herum etwas übersteht. Die Figur ist nun in zwei Hälften geformt; um eine feste Verbindung dieser beiden Hälften zu sichern, muss der überstehende Rand nun *„aufgerauht“* (d. h. mit der Klinge aufgekratzt), am besten auch durch Bestreichen mit Schlicker angefrischt werden.

Es erübrigt lediglich noch das Zusammenfügen der Muschelhälften und feste Zusammendrücken bis zum vollen Schluss der Fugen. Nach-

dem die Form hinreichend auf dem Trockengerüste gestanden und die Masse losgeschwunden, hebt man die eine Muschelhälfte ab, zieht die Keilstücke nach einander los und macht so die erzeugte Figur formfrei. Diese erscheint zunächst sehr unsauber, nemlich an allen Fugen mit hervorstehenden dünnen Graten, namentlich bei länger gebrauchten Formen. Diese werden nun durch Verputzen, d. h. nach den Kunstgriffen des Bossirens, weggenommen und die Oberfläche sauber nachgeholt. Formen von Figuren.

Die so weggenommenen und völlig verschwundenen Grate kommen indessen (aus dem S. 309 erörterten Grunde) nach dem Brennen nur allzugern wieder zum Vorschein, um so störender, je mehr der Bossirer sie durch Niederdrücken und übertriebenes Glätten, statt durch Schaben und gelindes Glätten zu beseitigen gesucht hat. Das hier beschriebene allgemein übliche Verfahren leidet übrigens noch an einem andern grossen Gebrechen: indem der Former die Masse in die Formhälfte einlegt, bedeckt diese die plastische Oberfläche derselben; er kann also während der eigentlichen Arbeit dem Wechsel von Senkung und Erhöhung derselben kaum oder nicht folgen und begnügt sich daher, die innere Oberfläche der Masse einfach auszurunden. Die Folge ist das Seite 310 besprochene häufige Reissen. Zweckmässiger und viel sicherer ist, beim Einlegen dem beiläufigen Umriss der Form thunlichst zu folgen, so dass ein möglichst gleichförmiger Scherben entsteht. Der Bossirer lässt sich dabei von der Sondirnadel leiten, die ihm genau die Dicke der aufgelegten Masse, mithin auch angiebt, ob sie eine hinreichend gleichdicke Schicht bildet. — Auch die Verbindung der beiden eingelegten Hälften einer Figur durch blossen Druck, zumal bei grösserer Ausdehnung der Ränder, ist durch die angegebenen Massregeln nicht hinreichend gewährleistet. Eine verlässige Verbindung erfordert mehr Kneten als blosses Drücken. Man thut daher gut, die Form vom Sockel aus offen zu lassen, so dass man in den Innenraum mit einem an einem Stock befestigten Schwamme zur bessern Bearbeitung der Fuge gelangen kann.

Besonders stark ausgeladene Theile einer Figur, wie frei ausgestreckte Arme, stark vorspringende Füsse und Falten etc., formt man zweckmässiger für sich und setzt sie wie Garnituren an.

Giessen.

Das Formen mit flüssiger Masse beruht noch viel ausdrücklicher auf der Porosität und Saugkraft der Gypsformen, als das Formen aus teigiger Masse. Das Gelingen beim Giessen ist sowohl von der Zubereitung der Masse, als auch von der Beschaffenheit der Gypsformen abhängig. Bedingungen.

Die Masse wird mit Wasser angerührt, etwas dicker als Rahm, so dass sie eben noch gut fliesst. Es kann dies mit dem blossen Spatel oder besser auf der Mühle geschehen, aber in jedem Fall hat man die Die Masse.

Masse von den Blasen sorgfältig zu befreien, welche bei dem Guss eben so viele Löcher geben; zu dem Ende lässt man die Masse in ruhigem Fluss durch ein Sieb gehen, am besten so, dass die untere Fläche des Siebes den Spiegel der Flüssigkeit berührt, also die Flüssigkeit nicht durch die Luft zu fallen braucht. Von Zeit zu Zeit ist die in Gebrauch befindliche Masse umzurühren, weil sie sich sonst absetzt. Dabei, sowie beim Eingiessen der Masse in die Form ist sorgfältigst durch Stetigkeit und Ruhe der Behandlung dahin zu wirken, dass keine neue Blasen entstehen.

Die Gypsformen.

Was die Gypsformen betrifft, so ist deren Saugkraft von ihrer Porosität und diese wiederum von der Menge Wasser bedingt, womit man den Gyps anmacht. Der Gyps erhärtet noch mit einem grossen Ueberschuss von Wasser und giebt dann ungemein poröse und stark saugende Formen, aber sie bleiben nur sehr kurze Zeit brauchbar, theils weil sie von der lösenden Kraft des Wassers zu rasch den Halt verlieren, theils weil die feineren Massetheilchen zu leicht in die weiten Poren eindringen und diese verstopfen oder doch ein Ankleben und Reissen des Gusses bewirken.

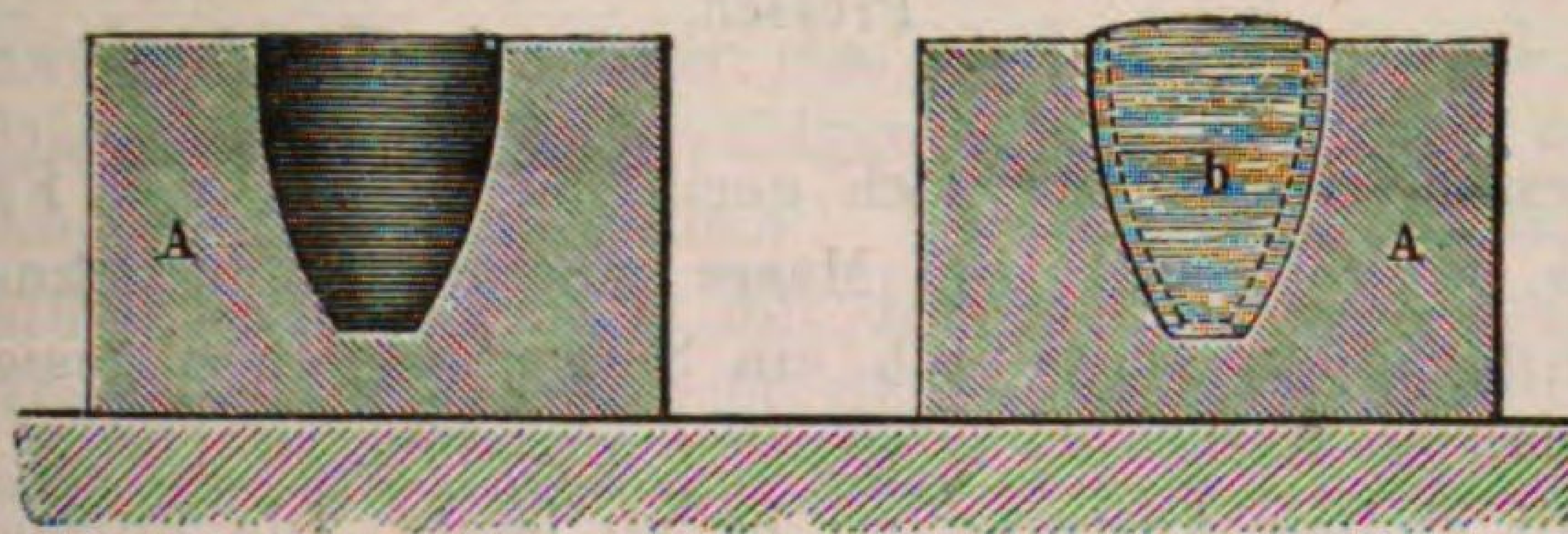
Bei einem Verhältniss von 10 Thln. Wasser auf 10 bis 12 Thle. Gyps erhält man Formen von hoher Saugkraft bei hinreichender Festigkeit. Natürlich müssen die Formen auch stark genug im Gyps sein, um die immer beträchtliche Menge Wasser aufsaugen und bergen zu können, die ihnen das Giessen seiner Natur nach zumuthet. Nächstdem ist auf möglichste Reinheit und Glätte der Oberfläche zu sehen; polirte Modelle von Metall, leichtes Uebergehen mit dem Fettlappen, vermeiden von Seifenschmiere (S. 315) empfehlen sich dafür. — Selbstverständlich greift das Giessen bei der grossen im Spiel begriffenen Wassermenge die Formen rascher und stärker an als das gewöhnliche Formen. Das Wasser frisst die Poren aus, Massentheilchen dringen ein und nach einiger Zeit folgt mangelhaftes Losschwinden und Reissen der Güsse. Man muss also die Ausnutzung der Formen nicht zu weit treiben.

Ausführung.

Die Handgriffe des Giessens erhellen aus einem Beispiel. Um einen Schmelztiegel zu giessen schöpft man hinreichend Masse mit einer Handkanne und füllt die Höhlung der Form *A*, Fig. 168, vollständig und zwar so mit der flüssigen Masse *b* an, dass diese etwas übersteht, aber ohne abzufliessen, Fig. 169. Der Flüssigkeitsspiegel sinkt anfangs rasch, nachher langsamer, und in dem Masse als dies eintritt, muss stets Masse nachgegossen werden, so dass die Höhlung immer voll bleibt. Das Sinken des Flüssigkeitsspiegels rührt natürlich von dem Einsaugen des Wassers durch die Form her; zu gleicher Zeit setzt sich aber der ganze Betrag der in dem aufgesaugten Wasser vertheilt gewesenen Masse, als eine fest anhaftende, zusammenhängende, aber weiche Schwarte an der Oberfläche ab, Fig. 169, die fortwährend an Stärke zunimmt. Hat sie die erforderliche Scherbendicke erreicht, so ist die Form zunächst der Wand

mit der Schwarte aus weicher aber nicht mehr flüssiger Masse, im Uebrigen mit dem Ueberschuss der flüssigen Masse *b* erfüllt. Kehrt man jetzt die Form mit einem raschen Griff um, so fliesst dieser Ueberschuss in ein untergesetztes Gefäss und die Schwarte bleibt rein zurück. Es kommt nur Ausführung.

Fig. 168. Fig. 169.



darauf an, den Zeitpunkt der richtigen Scherbenstärke wahrzunehmen; indem man die Messerklinge von Zeit zu Zeit flach über dem Rand der Form einwärts zieht, so wird dem Auge die Dicke der Schwarte deutlich auf dem Schnitt unterscheidbar. Nach dem Entleeren nimmt man die über den Rand stehende Masse mit der Klinge weg und stellt die Form aufs Trockengerüst. In guten, vorher gut getrockneten, Formen lässt ein Tiegel in Zeit von 20 Minuten los.

Bei gegossenen Waaren ist die Trockenschwindung und die gesammte Schwindung merklich grösser als bei gedrehten Waaren; sie ist also bei der Herstellung von Giessformen eigens zu bestimmen.

Werth des Giessens.

Wie man sieht, erfordert das Giessen weniger Arbeit und Geschicklichkeit als das Drehen; während die Schwierigkeit beim Drehen mit der Dünne des Scherbens zunimmt, so macht dies beim Giessen keinen Unterschied, im Gegentheil entstehen beim Giessen von einer gewissen Stärke des Scherbens an Schwierigkeiten, wo sie gerade beim Drehen abnehmen. Beim Einformen mit teigförmiger Masse muss man an alle Theile des Gegenstandes mit Fingern, Schwamm, Chablone etc. gelangen können, beim Giessen nicht. — Beim Drehen und Einformen kann man leicht der innern Fläche des Werkstücks eine andere Gestalt und einen andern Umriss geben als der äussern Oberfläche. Beim Giessen fallen die Scherbendicken überall gleich, mithin beide Oberflächen stets parallel, also von gleicher Gestalt aus, weil die allseitig gleiche Saugkraft des Gypses in gleicher Zeit überall gleichviel Masse verdichtet. Aus diesem Grunde tritt der Umriss des Fusses einer Tasse beim Giessen z. B. stets auch im Innern zum Nachtheil des guten Ansehens und der bequemen Reinigung hervor. Beim Giessen gehen mehr Formen auf, dagegen fällt mit dem Druck überhaupt auch jede Ungleichheit des Druckes auf den geformten Gegenstand und damit eine Hauptursache des Verziehens und Reissens weg. Manche Waaren sind darum auf andere Art als Giessen schlechterdings nicht herzustellen, z. B. Porzellanröhren. Aus diesen Gründen für und wider und wegen des grösseren Verbrauchs an Formen ist das Giessen immer-

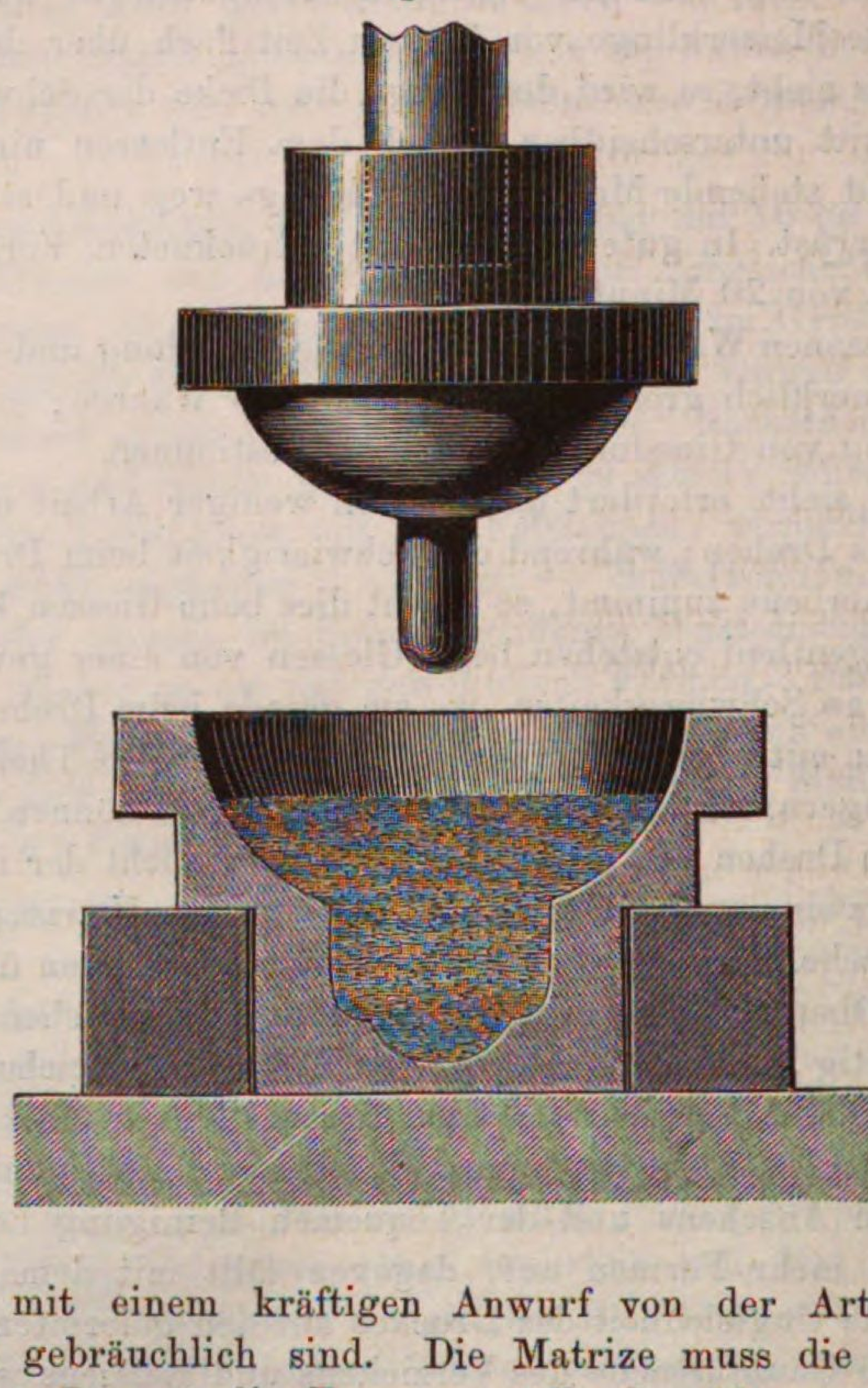
hin auf eine gewisse Anzahl von Fällen eingeschränkt. Dahin gehören, ausser Röhren für Chemiker, besonders dünnwandige Gegenstände, wie Schmelztiegel, dünne Tassen nach Art der chinesischen; endlich einfache kleinere Figuren, Puppenköpfe, Büsten, Nippsachen u. dergl. mehr.

Pressen.

Masse und Formen.

Das Pressen ist auf eine noch geringere Anzahl von Fällen eingeschränkt als das Giessen. Die Masse wird dazu getrocknet, auf der Kollermühle gemahlen und durch ein Sieb staubfein abgesiebt. Dieses Mehl lässt man im Keller etwas weniges anziehen, so dass es sich in der Hand nur mit einiger Anstrengung ballen lässt. Die Formen sind von Messing oder von Eisen und bestehen aus einer Patrize und Matrize in

Fig. 170.

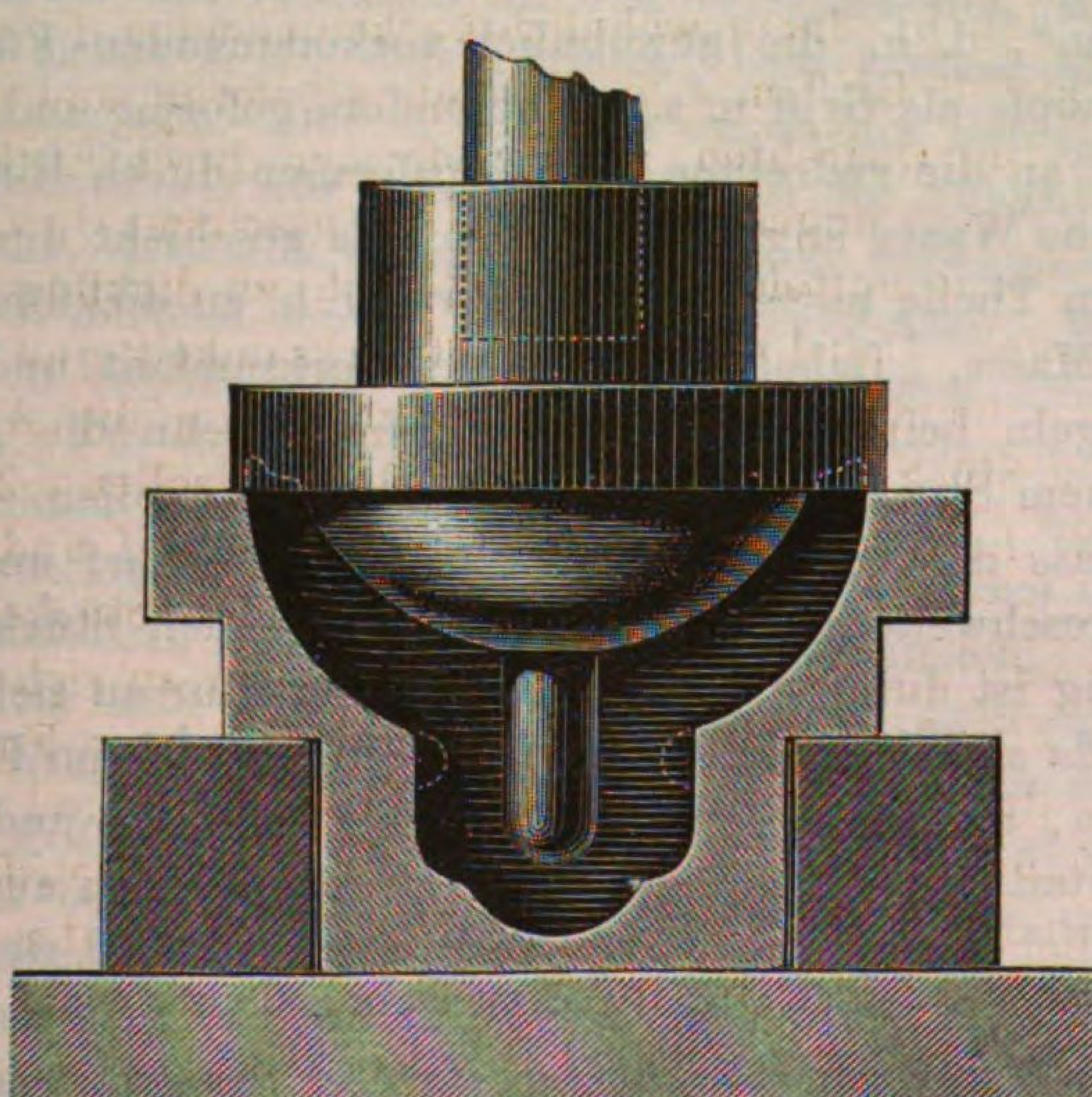


Verbindung mit einem kräftigen Anwurf von der Art, wie sie in den Münzen gebräuchlich sind. Die Matrize muss die ganze Menge der nach dem Pressen die Formen erfüllenden Masse, die unter der Wucht des Anwurfs sehr stark zusammengeht, im losen Zustande fassen, mithin viel tiefer sein als der formende Raum. Andererseits

muss der zu formende Gegenstand auch den vollen Druck erhalten, nicht bloss um hinreichende Schärfe des Umrisses, sondern auch um hinreichende Dichtigkeit und Festigkeit anzunehmen. Da nun die beweglichen Theile des Anwurfs mit der Patrize immer denselben Weg zurücklegen, mit gleichem Hub gehen, so wird natürlich der endgültig zu Stande kommende Druck von der Füllung der Matrize abhängen. Bei zu wenig Masse wird der Gegenstand mehr oder weniger lose bleiben, bei zuviel Masse wird die höchste Dichte noch vor dem völligen Schluss der Form erreicht und der Gegenstand unförmlich ausfallen. Bei richtiger Füllung trifft die höchste Dichte der Masse gerade mit der genauen Erfüllung der Form zusammen. Durch einige Vorversuche stellt man die richtige Beschickung fest und richtet ein- für allemal ein Mass dafür her. Nach Umständen ist es vortheilhaft, zur Vereinfachung der Form den gepressten Körper zuletzt durch Drehen zu vervollständigen, so bei Isolatoren für Telegraphen, Fig. 170, welche hier als Beispiel des Pressens dienen mögen. Die zweitheilige Matrize, durch Einsetzen in einen eisernen Ring geschlossen gehalten, giebt den äussern Umriss, die Patrize giebt den innern. Beim Pressen überfährt man erst die formende Metallfläche mit einem gefetteten Lappen, füllt dann in die Matrize mittelst des Messgefässes die erforderliche Menge Masse ein, Fig. 170 und lässt den Anwurf ein- oder zweimal spielen. Nimmt man nun die Form aus dem Ring

Ausführung.

Fig. 171.



und öffnet die beiden Hälften, so hat das von dem Metall unschwer loslassende Stück nunmehr die Gestalt wie in Fig. 171. Zuletzt wird der Hals (nach der punktirten Linie) auf der Scheibe mit dem Dreheisen eingeschnitten und der Rand nachgedreht. Ist das Sieb nicht fein genug

und die Masse fühlbar körnig, so dreht sie sich unschlicht und porös. Die Metallflächen färben, in Folge von Abnutzung durch die scharfen Gemengtheile der Masse, etwas ab und geben der gepressten Oberfläche ein grauschwarzes Ansehen. Bei dem Abschachteln des fertigen Stücks geht dieser dünne Ueberzug gelegentlich mit weg.

Werth des Pressens.

Das Pressen hat zwei sehr grosse Vorzüge: rasche und leichte Arbeit, dann gänzlicher Wegfall der Trockenschwindung, weil die Waare schon trocken aus der Form kommt. Insofern wäre eine allgemeine Anwendung des Pressens durchaus wünschenswerth. Allein das Pressen hat den Nachtheil, dass es nur unter gewissen Bedingungen möglich ist. Es setzt sehr einfache und zugleich offene Formen voraus, mit Ausschluss von Unterschneidungen u. s. f. Auch unter den Waaren von offener Form sind die meisten, wie Teller, Untertassen, Platten etc., wieder ausgeschlossen, weil sie zu schwach im Scherben und beim Losgehen von der Form zerbrechen würden. Bis jetzt hat man daher ausser den Isolatoren noch Tuschschalen, Mosaiksteine von Porzellan und noch einige wenige andere Artikel gepresst.

Es versteht sich von selbst, dass bei der gepressten Waare allein die Schwindung im Feuer in Rechnung kommt.

Garnitur.

Bei dem Formen ist wiederholt erwähnt worden, dass die sogenannten „Garnituren“, d. h. die gewöhnlich vorkommenden Füsse, Henkel, Schnauzen, Knöpfe als Griff u. s. w., besonders geformt und in einer besondern Arbeit an die gedrehten, aus Gypsformen durch Einformen oder Giessen erhaltene Waare angesetzt werden. Es geschieht durch Ankleben der betreffenden Theile mittelst „*Schlicker*“, d. h. zu dickflüssigem Rahm aufgeweichter Masse. Dabei ist einige Aufmerksamkeit und festes Einhalten der Regeln beim Garniren erforderlich, wenn die Ansätze sich fest und zu einem Stück mit dem Körper verbinden sollen. Zunächst ist erforderlich, dass die Ansatzflächen der Garnitur scharf und genau der in der Regel geschweiften Fläche des zu garnirenden Stückes anpassen. Diese Bedingung ist durch die Gypsform der Garnitur an sich keineswegs gewährleistet, da sich die Garnituren etwas verziehen, beim Formen einen Grat bekommen, der zuvor weggenommen werden muss und die zu garnirenden Arbeitsstücke nicht mathematisch genau gleich ausfallen. Ein zweiter wesentlicher Punkt ist der Feuchtigkeitszustand der zur Garnitur gehörigen Theile. Frisch aus der Form sind sie zu weich und lassen sich nicht ohne Verbiegung handhaben; völlig trocken, saugen sie das Wasser zu rasch auf, viel rascher als der Ansatz auszuführen ist, und trocknen den Schlicker soweit, dass er seine Bindekraft verliert. Es kommt mithin Alles darauf an, dass die zu verbindenden Theile bis auf einen bestimmten Grad abgetrocknet sind, sie sollen fest, nicht mehr biegsam sein, schon in einem gelinden Grade saugen, aber beim Schneiden

noch einen zusammenhängenden Spahn geben. Der Arbeiter beginnt mit dem Anpassen mittelst Anhalten der Garnitur an die Ansatzstelle und Beschneiden oder Beschaben der betreffenden Flächen, bis diese dicht anliegen. Alsdann bestreicht er die angepassten Flächen, sowohl der Garnitur als des Arbeitsstückes mittelst eines Pinsels mit Schlicker, und drückt die Garnitur auf die befeuchteten Stellen fest. Mit dem Druck übt er zugleich eine leichte schiebende und anreibende Bewegung aus, aber nur für einen Augenblick, den ihm das Gefühl des Widerstandes der zum Haften gekommenen Flächen anzeigt. Nach dem vollständigen Trocknen der garnirten Gegenstände macht das Verputzen der Ansatzstelle, d. h. das Wegnehmen des zur Seite gequetschten überschüssigen Schlickers den Beschluss. —

Zu den unentbehrlichen Erfordernissen einer Dreherei und Formerei gehören die Trockengerüste, Gestelle mit beweglichen Brettern in der nächsten Umgebung des Arbeiters. Sie müssen geräumig sein, damit die Waaren nicht zu dicht auf einander kommen, mit einer hinreichenden Anzahl von Brettern versehen, damit diese inzwischen abtrocknen können, wenn sie zu feucht geworden. Endlich soll der Raum, worin die Gerüste stehen, mit einer guten Ventilation ausgestattet sein, welche der entwickelte Wasserdunst gehörig ableitet. Dieser letztere Theil der Einrichtung ist in den meisten Fabriken sehr mangelhaft bestellt, namentlich während der Heizung in der kalten Jahreszeit. Gewöhnlich erfolgt aus diesem Mangel das Trocknen an den verschiedenen Stellen des Gerüstes, in den Ecken z. B., sehr ungleich, bald rascher als wünschenswerth, bald zu langsam. Der in der That ungeheure Betrag von Wärme, der nach dem Scharffeuer aus dem Ofen während der Abkühlung ins Freie nutzlos entweicht, lässt sich wenigstens im Winter zweckmässig unter den Trockengerüsten mittelst weiter Thonröhren verwerthen. Manche Fabrikanten lassen in diesem Sinn den Hals der Brennöfen direct durch die Dreherei gehen. Für den Sommer ist vortheilhaft, wenn die Dreher ihre Arbeit bei heiterem Wetter im Freien aufstellen können, wo weniger die Wärme als die raschere Bewegung der Luft wirkt. Dabei ist der Schatten dem unmittelbaren Bescheinen der Sonne vorzuziehen. Trocknen der Waare

Die Arbeiter sind gewöhnt, den Trockengrad nach der Wandlung der Farbe der Waare zu beurtheilen. In der That erscheint die frische Masse anfangs grau oder graugelb, nach dem Trocknen fast weiss. Dieses Kennzeichen ist bei Gegenständen von schwachem Scherben, z. B. Geschirren, hinreichend, aber bei Figuren u. s. w. von starkem Scherben trügerisch.

Das Glasuren und Verputzen.

Wie schon Seite 306 erörtert, so ist das Material zur Glasur, in der Kunstsprache ebenfalls Glasur genannt, eine Mischung ähnlicher Art wie die Masse, die jedoch bei derjenigen Temperatur in vollen glasigen Fluss

kommt, wobei die Masse sich gar brennt. Da beides in demselben Feuer zu gleicher Zeit vor sich geht, also das Brennen der Glasur kein besonderer Act ist, so versteht man beim Porzellan unter Glasuren lediglich das Auftragen der Glasur.

Bedingungen.

Das Auftragen der Porzellanglasur geschieht auf dem Wege des Ansaugens, ganz nach demselben Grundsatze wie das Giessen des Porzellans. Zu dem Ende muss man die zu glasirende Waare zuerst in einen Zustand versetzen, in welchem sie einerseits eine grosse Saugkraft (Porosität) besitzt, andererseits aber vom Wasser nicht mehr aufgeweicht, überhaupt nicht mehr verändert wird. Die bloss getrocknete Waare entspricht der ersten Forderung nicht hinreichend, der zweiten gar nicht. Man unterwirft daher die getrocknete Waare ausschliesslich zum Zweck des Auftragens von Glasur einem schwachen Brande, wobei sie eben ihre Aufschlämmbarkeit einbüsst, aber noch keine Spur von Sinterung erfährt. Dieser Brand geschieht nur gelegentlich, mit der Abhitze des eigentlichen Scharffeuers, und heisst das „*Verglühen*“. Die verglühte Waare ist von unrein weisser ins Gelbe oder Graue ziehender Farbe, mürbe, leicht zerbrechlich, widersteht aber dem Wasser und besitzt ungemeine Saugkraft.

Wassergehalt der Glasur.

Die Glasur ist eine milchige Schlempe aus den äusserst fein gemahlenen Bestandtheilen in viel Wasser zertheilt. Möglichste Feinheit und möglichst innige Mischung dieser Bestandtheile vorausgesetzt, hängt der Erfolg zunächst von dem Grade der Verdünnung ab, die man der herkömmlichen Praxis gemäss, nach der Art beurtheilt, wie die Glasur vom eingetauchten Finger abläuft. Dieses Kennzeichen ist bei einiger Uebung des Arbeiters schärfer als man erwarten sollte. Bei fünf verschiedenen auf diese Art eingestellten Glasuren fand man in der Gegenprobe mit Mass und Gewicht in Nymphenburg:

	Fester Rückstand. Gewproc.	Wasser. Gewproc.
Glasur 1.	28,2	71,8
„ 2.	29,5	70,5
	28,5	71,5
„ 4.	32,2	67,8

100 Cubikcentimeter hinterliessen festen Rückstand:	Grm.
Glasur 1.	38,8
„ 2.	36,3
„ 3.	37,2
„ 4.	39,4
„ 5.	37,9

Im Durchschnitt kann daher in der richtig gestellten Glasur 28 Proc. Trockengehalt oder 380 Grm. im Litre angenommen werden. Selbstverständlich gelten diese Werthe nur für das bestimmte Beispiel. In jedem Falle muss die Verdünnung mit der Saugkraft der Waare im Verhältniss stehen. Taucht man einen verglühten Gegenstand in die Glasur, so saugt dieser sofort Wasser ein, während die in dem Wasser vertheilten festen Stoffe sich auf der Oberfläche absetzen. Ist die Glasur über ein gewisses

Mass hinaus verdünnt, so wird die sich absetzende Glasurschicht nicht von ausreichender Stärke erlangt werden können. Die richtige Verdünnung ist so, dass die Waare beim einfachen Durchziehen sich mit Glasur gerade in der erforderlichen Stärke überzieht.

Insofern die Bestandtheile der Glasur weit schwerer sind als Wasser und von ungleicher Dichte unter sich, haben sie fortwährend das Bestreben, sich zu Boden zu setzen und zu entmischen. Es ist daher unerlässlich, die Glasur vor dem Gebrauch jederzeit bis zur vollkommenen Gleichmässigkeit aufzurühren und dieses auch während des Glasurens öfter zu wiederholen. Dieser Vorsicht ungeachtet macht sich im Verlauf des Gebrauchs eines Glasurvorraths erfahrungsmässig eine gewisse, jedoch nicht bedeutende Entmischung bemerklich; Kalkglasuren (wie s. S. 307) werden gegen Ende etwas strengflüssiger, Feldspathglasuren eher leichtflüssiger. Dass die höchste Reinlichkeit in der Haltung der Glasur gehandhabt werden muss, bedarf kaum besonderer Erwähnung. Die Glasur ist in Bottichen vorräthig, theils von Holz, aber dann sehr dem Faulen und Loslassen von Spähnen unterworfen, theils und besser von Zinkblech. Fehler.

Wo man zwei oder drei Massen von verschiedener Strengflüssigkeit führt, sind natürlich eben so viele entsprechende Glasuren erforderlich; jedes Arbeitsstück erhält die Bezeichnung der besondern Masse und nach deren Anleitung die entsprechende Glasur.

Die Richtigstellung der Glasur in Bezug auf den Wasserzusatz und das Verglühen der Waaren sind die allgemeinen Grundlagen, aber sie bedingen nur die Stärke im Allgemeinen, noch nicht die Gleichmässigkeit der aufgetragenen Glasur. Diese hängt in erster Linie von den Handgriffen ab. Insofern das Glasuren durch Eintauchen bewerkstelligt wird und man die Waare zum Behuf des Eintauchens auch anfassen muss, so wird unter allen Umständen eine Stelle unglasirt bleiben, die besonders nachgeholt werden muss. Diesem unvermeidlichen Uebelstande gegenüber ist die erste Regel, die Waare möglichst nur mit den Fingerspitzen anzufassen. Die weiteren Kunstgriffe ergeben sich aus folgender Betrachtung. Gesetzt, der Arbeiter halte einen Teller, Fig. 172 bei *a*, tauche ihn senkrecht unter den Spiegel der Flüssigkeit und ziehe ihn ebenso wieder heraus, so wird der „*Griff*“ nur an dem einen Punkte *a* erscheinen, auch die Bewegung einfach und bequem sein; dagegen kann die Glasur auf diese Art sich nur in sehr ungleicher Stärke anlegen, denn der Punkt *b* wird zuerst in die Glasur kommen und sie zuletzt verlassen, also weit länger unter Glasur sein, als der Punkt *a*, der zuletzt unter- und am frühesten auftaucht; der Auftrag der Glasur wird sich von *a* nach *b* verdicken. Es entspringt daraus die feste Forderung, so zu verfahren, dass alle Theile einer Waare gleichlang eingetaucht sind; ihr wird genügt, wenn der Arbeiter in obigem Beispiel den Teller an zwei Punkten bei *a* und bei *b* zwischen die Spitzen des rechten und linken Zeigefingers fasst und in einem Bogen durch die Glasur fährt Handgriff beim Auftragen.

(Fig. 172), wo die Seite *b* zuerst unter-, aber auch zuerst emportaucht und umgekehrt die Seite *a*, — also alle Theile der Tellerfläche gleichlang eingetaucht sind. Diese allgemein übliche Behandlung hinterlässt allerdings zwei Griffe, an zwei gegenüberstehenden Punkten.

Fig. 172.



Beim Auftauchen läuft die anhängende Flüssigkeit in den Bottich zurück; den letzten Tropfen nimmt man mit dem Finger weg. Auch an dieser Stelle bleiben kleine Unregelmässigkeiten.

Vorputzen. Die glasurten Waaren kommen auf Brettern und Gerüsten zum Trocknen, was bei der porösen und sehr wenig hygroskopischen Natur des Materials leicht und rasch geht. Jedes Stück hat mindestens zwei Fehlstellen: den Ablauf, durch örtliche Verdickung der Glasur kenntlich; dann die Griffe mit fehlender Glasur. Sonst ist es allseitig mit Glasur überzogen, aber auch an Stellen, wo keine Glasur hingehört. So am Fuss, mit dem die Waare im Feuer auf der Unterlage ruht, am Falz der Deckel und dem entsprechenden Rande der Geschirre in vielen Fällen. Verbesserung dieser Mängel ist Gegenstand des „*Verputzens*", welches nach dem Trocknen der glasurten Waare folgt. Messer und Kratzbürste dienen zur Wegnahme der Glasur, Abreiben mit dem Ballen des Daumens zum Ausgleichen dickerer Stellen. Zum Nachtragen der Glasur an den Griffen, die dann dicker, also mit weniger Wasser angemacht sein muss, dienen Pinsel.

Kapseln und Einlegböden.

Vorbemerkungen. Das Porzellan verträgt beim Brennen nicht die unmittelbare Berührung mit dem Feuer, weil es durch Anflug von Asche unfehlbar durch schmutzige Flecken verunstaltet würde; es muss daher wie die edleren Thonwaaren überhaupt, in schützenden Umhüllungen, in sogenannten „*Kapseln*" gebrannt werden. Sie sollten vor allen Dingen bei der Temperatur des garenden Porzellans, also der beginnenden Weissglut, ohne Erweichung und Verbiegung stehen, wenig schwinden, bei der unvermeidlichen Schwindung nicht reissen, noch Körner und Theilchen ihrer Masse fallen lassen, die auf der Glasur des Porzellans festschmelzen und

es verderben. Das einzige Material, welches diesen Anforderungen, wenn auch in nicht ganz befriedigender Weise entspricht, ist der feuerfeste Thon.

Das Porzellan erweicht im Feuer bis zur Biegsamkeit, wenn die Unterlage nachgiebt, so biegt es sich mit der Unterlage und es entstehen leicht Formverzerrungen. Bei Waaren von kleiner Grundfläche ist diese Gefahr verschwindend, bei Waaren von grosser Grundfläche (Tellern, Platten u. s. w.) aber beträchtlich, insofern die Kapselböden von grösserer Spannung sich nur allzuleicht, auch nicht jederzeit symmetrisch, durchbiegen und selbst reissen. Für diesen Fall giebt man den zu brennenden Stücken eine besondere gegen Verbiegungen und Reissen sichere Unterlage ebenfalls von feuerfestem Thon, die „*Einlegböden*“ oder „*Pumbse*“.

Thon zu Kapseln.

Für die Herstellung von Kapseln kann man den Thon eigentlich nicht streng genug wählen; er sollte wenigstens im Porzellanofenfeuer porös bleiben und noch nicht sintern. In Sinterung begriffener Thon hat seinen besten Halt verloren und giebt dem Druck nach; Kapseln in diesem Zustande biegen sich aus, setzen sich zusammen und gefährden die Waare durchaus. Namentlich ist kalkschüssiger Thon in diesem Sinne gefährlich, um so mehr, als man die kalkigen Schichten oft äusserlich nicht oder nur am Aufbrausen mit Säure zu erkennen vermag, und der Kalk bei dem hohen Hitzgrad schon in kleineren Mengen nachtheilig wirkt. Von Natur, oder durch die Aufbereitung gleichmässig im Thon vertheilt, vermindert der Kalk die Feuerbeständigkeit; als Einschluss in Gestalt von Körnern, Geröllen u. s. w. bringt er die Stelle, in der er sitzt, zum Fluss, es entsteht ein grünes oder braungefärbtes Glas, welches auf die eingesetzte Waare herabtropft und diese verdirbt. Ebenso gefährlich sind Einschlüsse von eisenhaltigen Mineralien wie Roth- und Brauneisenstein als kräftige Flussmittel. Auch unschmelzbare und nicht als Flussmittel wirkende Einschlüsse, wie Quarzgeröll, sind nachtheilig, indem sie im Feuer losschwinden, Höhlungen und unganze Stellen bilden. Nicht weniger als die natürlichen Einschlüsse des Thons hat man diejenigen zu fürchten, die zufällig bei der Aufbereitung und Verarbeitung des Thons zu Masse oft hineingerathen, namentlich Kalkgerölle, Eisenstücke von den Maschinen und Messern, die sich im Feuer sofort oxydiren und Löcher in die Kapseln schmelzen.

Eine Seite, von der beim Gebrauch der Kapseln ebenfalls Nachtheil und Gefahr droht, ist die Schwindung des Thons. Feuerfeste Thone, fast immer sehr rein und fett, schwinden an sich stark, um so mehr bei der hohen Temperatur des Porzellanfeuers. Wäre diese Schwindung grösser als die des Porzellans, so müssten die Kapseln um den Unterschied der Schwindung grösser angelegt werden, und zwar auf Kosten der vollkommneren Ausnutzung des werthvollen Feuerraums. Noch bedenklicher ist die Schwindung solcher Thone, bei der Wandstärke der Kapseln und dem ungleichen Angriff des Feuers gegen die einzelnen Theile der Kapseln

Versatz mit Chamotte.

(Wände und Boden), in Bezug auf die Haltbarkeit; sie würden unvermeidlich reissen. Es ist aus diesen Gründen unerlässlich, die natürliche Schwindung des Thons durch künstliche Mittel möglichst zu vermindern. Das allgemein übliche Mittel ist, wie bei feuerfesten Steinen und dergleichen, Versatz des frischen Thons mit gebranntem Thon, im vorliegenden Falle mit zerkleinerten Scherben von gebrauchten Kapseln. Diese haben natürlich die Schwindung im Porzellanfeuer schon erlitten, die Kapselmasse schwindet daher nur in Bezug auf ihren Gehalt an frischem Thon, also um so weniger, je grösser der Versatz mit gebrannten Scherben. Umgekehrt nimmt mit diesem Versatz aber die Bildsamkeit der Masse ab, sie lässt sich zuletzt zu schwer oder nicht mehr auf der Drehscheibe verarbeiten. Für jeden Thon ist daher das Verhältniss aufzusuchen, welches noch hinreichende Bildsamkeit bei möglichst geringer Schwindung bietet. Die Wirkung des Versatzes mit gebrannten Scherben hängt übrigens nicht bloss von der Menge, sondern auch sehr von dem Korn ab, welches man ihm giebt. Grobes Korn, etwa in Linsengrösse, bildet in der Masse eine Art Skelett und giebt ihr ungleich mehr Widerstand gegen Reissen, als feiner, z. B. staubförmiger Versatz, während letzterer wieder in der Bildsamkeit günstiger ist. Bei der Zerkleinerung der gebrannten Kapselscherben, auch bei grösster Vorsicht, wird stets ein gewisser Antheil in Mehlform erhalten. Indem man allen Umständen Rechnung trägt, erscheint es daher zweckmässig, den Versatz in beiderlei Form, grob und als Mehl, in einem gewissen Verhältniss zuzugeben.

Die Masse zu Kapseln wird nach dem Obigen überall aus zwei Dingen, aus frischem Thon und aus zerkleinertem gebranntem Thon von gewissem Korn — sogenannter „*Chamotte*“ — hergestellt. Ob man diesen oder jenen feuerfesten Thon vorzieht, ob man mehrere Sorten gemengt anwendet, ist natürlich eine Frage der Oertlichkeit, der Preise und Frachtkosten; eine wohl verstandene Sparsamkeit wird jedoch um einer verlässigen Güte des Materials willen einen etwas höheren Preis nicht scheuen. Auch unter den günstigsten Verhältnissen werden im Porzellanbrand stets eine grosse Menge Kapseln unbrauchbar; sie liefern das vortreffliche Material zur Chamotte; in jeder Fabrik wird natürlich immer mehr an Kapselscherben erhalten als man für die neuen Kapseln bedarf, nemlich eben so viel als man an frischem Thon zusetzt. Zur Zerkleinerung dienen gewöhnliche Pochwerke, entweder unmittelbar, oder zweckmässiger in Verbindung mit Quetschwalzen in der Art, dass die Walzen das Material vorbrechen, das Pochwerk die weitere Zerkleinerung übernimmt. Bei der in der Regel bedeutenden Härte der Scherben werden gusseiserne Pochschuhe unverhältnissmässig abgenutzt und thun leicht Schaden durch Einmengung von Eisenkörnern; stählerne Pochschuhe sind daher vorzuziehen. Nach der ältern Art bestand die Pochsohle, auf welcher die Stempel arbeiten, aus einem massiven gusseisernen Balken. Es leuchtet ein, dass ihre Leistung viel zu wünschen übrig lässt, denn die nach den ersten Schlägen entstandene Chamotte, indem

sie sich auf der Pochsohle ansammelt, bildet eine weiche Unterlage, in welcher sich die noch ganzen Scherben einbetten und der Wucht des Schlages entziehen. Dieser Nachtheil ist durch fleissiges Absieben nur sehr theilweise und mit grossem Opfer an Arbeit zu heben. Ungleich zweckmässiger ist es daher, als Pochsohle einen Rost von Stahlstäben zu gebrauchen. Die Stäbe auf der hohen Kante liegend, fischbauchartig in der Mitte stärker, halten leicht den Schlag des Stempels aus, wenn sie nicht zu schmal sind. Ihr gegenseitiger Abstand entspricht der Grösse des Chamottekornes dergestalt, dass jedes Bruchstück der Kapselscherben, so bald es dieses Korn erreicht hat, durch den Rost fällt und sich dem Schlage des Stempels sofort entzieht. Ein solches Stahlpochwerk schafft ungleich mehr Arbeit, nemlich mit drei Stempeln 50 Centner im Arbeitstag (10 Stunden) und giebt weniger Mehl.

Die Chamotte von Pochwerken mit massiver Pochsohle schied sich durch Siebe bei einem Versuch: in 30 Procent grobes, 30 Procent feines Korn und 40 Proc. Mehl.

In Nymphenburg mischte man die Kapselmasse aus 10 Gewthln. Thon und 14 Gewthln. ungeschiedener Chamotte. Der verwendete Thon enthält an sich 10 bis 15 Proc. Quarzsand, eine nachtheilige Beimischung, weil der Quarz im strengen Feuer zuletzt als Flussmittel wirkt. Je nach der Natur des Thons ändern sich die Mischungsverhältnisse an anderen Orten. Die Bestandtheile der Kapselmasse werden mit Wasser in einem Thonschneider (eine viel gebrauchte weiter unten zu beschreibende Maschine) gemischt. Die so erhaltene Masse ist plastisch genug für die Herstellung der Kapseln. — Man hat kreisrunde, ovale und viereckige Kapseln, letztere mit abgestumpften Ecken; die runden werden auf der Drehscheibe frei gedreht *) nach dem Masse, die anderen in Gypsformen. Auch ovale Kapseln lassen sich bequem durch Freidrehen herstellen; man dreht sie erst kreisrund, schneidet dann ein Stück von der Form x, Fig. 173, aus dem Boden und schiebt die Ränder zusammen, indem man Sorge trägt, sie durch Kneten fest zu verbinden.

Mischung der Masse.

Formen der Kapseln.

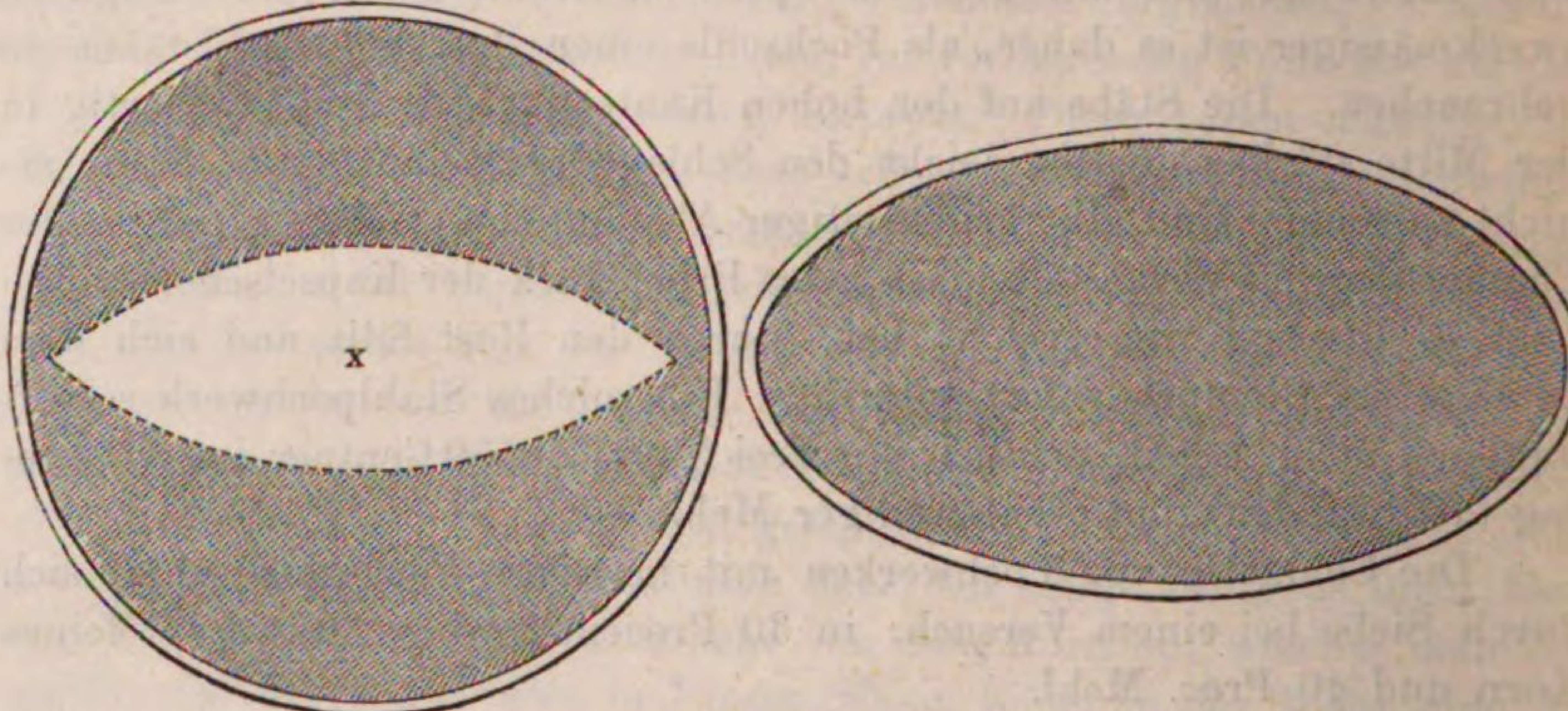
Wie man Kapseln hat von verschiedener Form und für dieselbe Form von verschiedener Weite, so bedarf man auch solche von verschiedener Höhe, und zur Ausgleichung der verschiedenen Höhe der Waare auch Ringe ohne Böden.

Für Hohlwaaren, Kannen u. dergl., deren Formen mannichfach wechseln, dienen einfache runde oder ovale Kapseln mit flachen Böden, weil hierbei besondere Einlegböden meist nicht erforderlich. Bei Platterie, also Tellern, Schüsseln u. dergl., die sich zu Hunderten im Einsatz wiederholen und ihrer breiten Füsse wegen dem Verbiegen besonders unterworfen sind, können Einlegböden nicht entbehrt werden. Für die

*) Die Masse mit den scharfen Körnern macht die Hände der Dreher leicht wund; sie bedienen sich daher an mehreren Orten zweckmässig eines Stückes nassen Leders zum Kapseldrehen.

Sicherheit, welche diese letzteren gewähren, nehmen sie bei der erforderlichen Stärke von $^3/_4$ bis $1^1/_2$ Zoll viel von dem kostbaren Brennraum

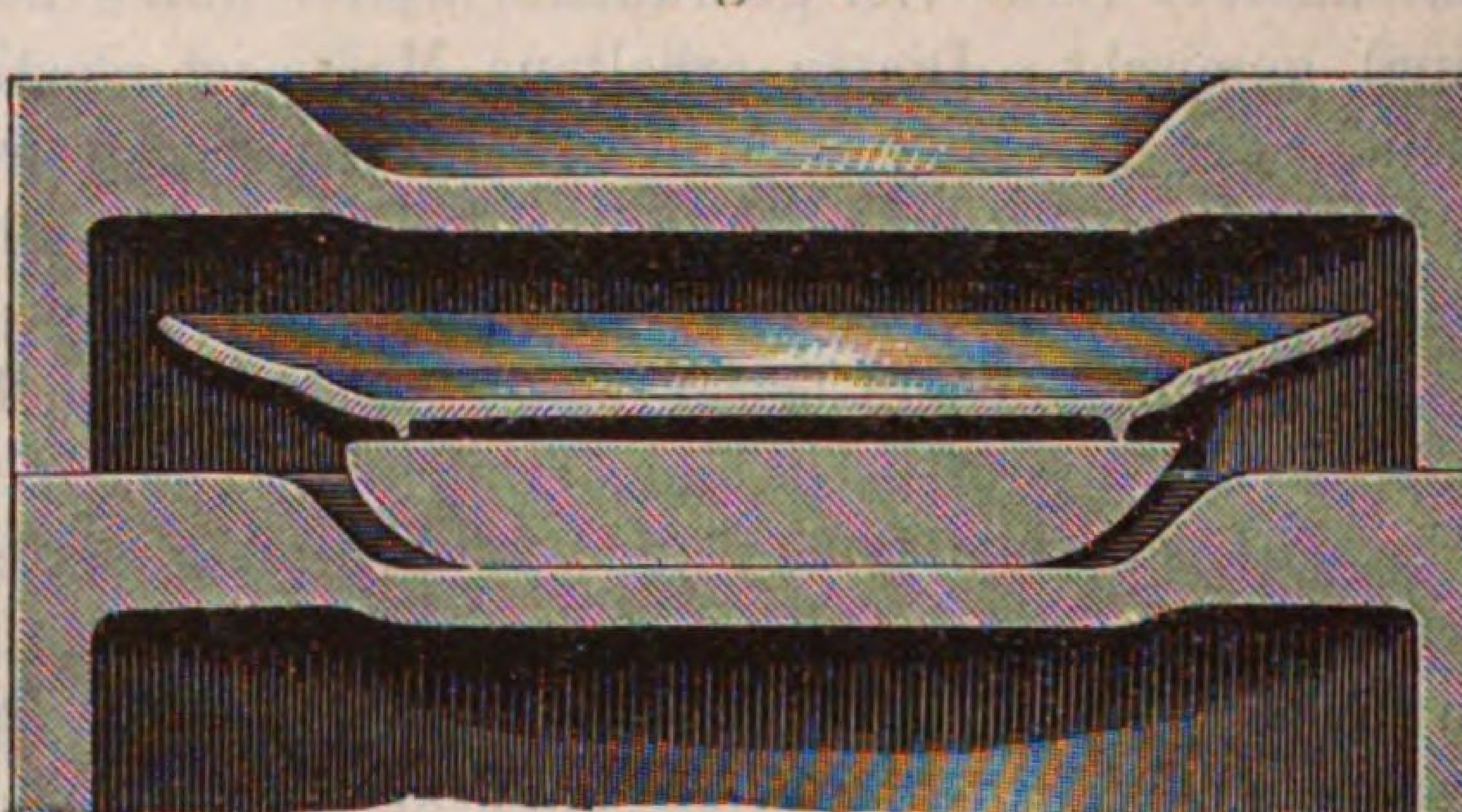
Fig. 173.



durchgeschlagene;

in Anspruch und vermindern obendrein die Haltbarkeit der Kapseln durch ihr Gewicht. Jenen verlorenen Raum zu gewinnen ist der Zweck der sogenannten durchgeschlagenen oder versenkten Kapseln, Fig. 174, mit einer gerade zur Aufnahme des Einlegbodens passenden Vertiefung im Boden

Fig. 174.



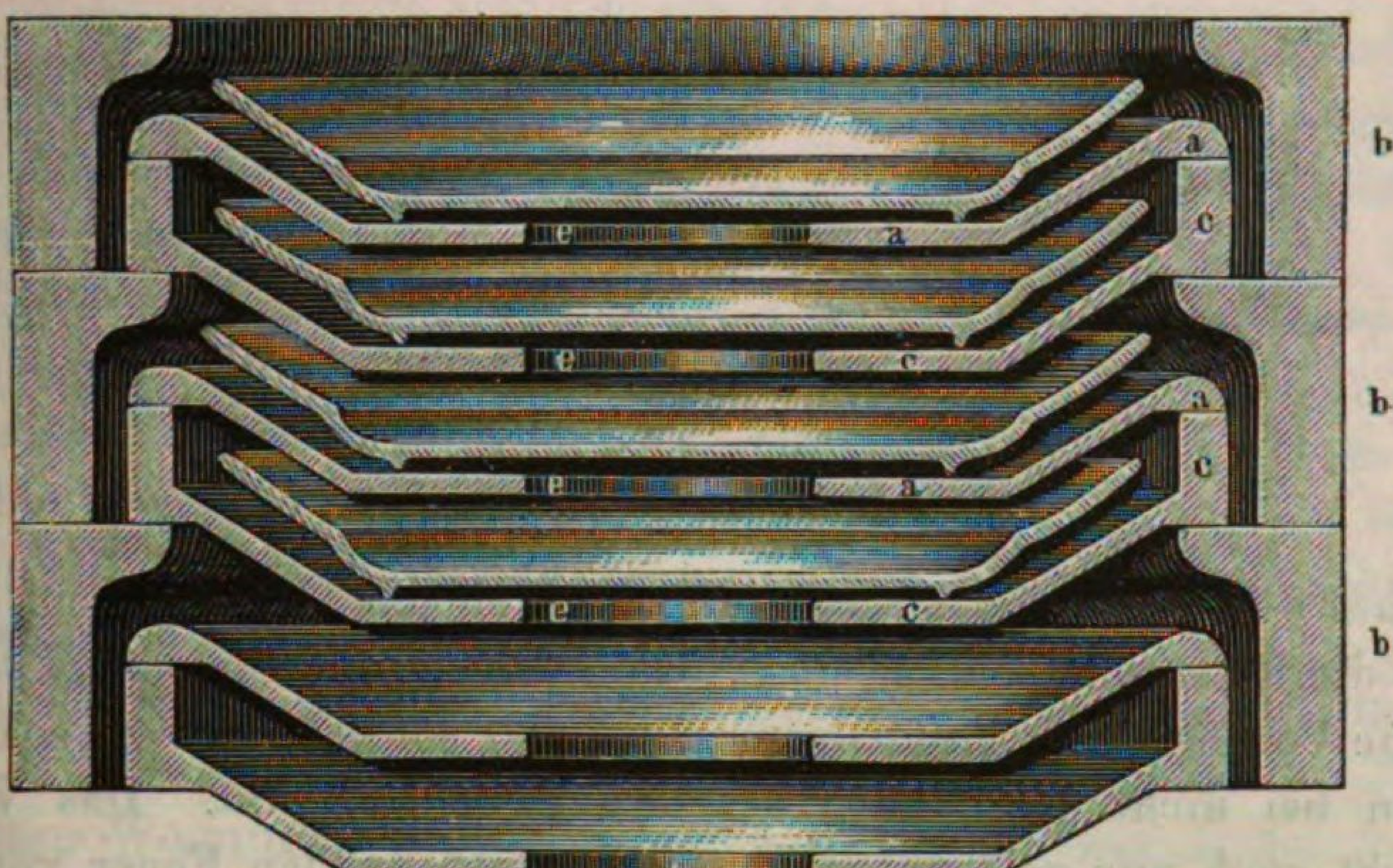
Diese Vertiefung findet in der Höhlung des darunter stehenden Platteriestücks (Tellers z. B.) freien und unbenutzten Raum. Eine noch grössere Ersparniss und zugleich Verminderung des schädlichen Gewichts gewähren die Kapseln nach Regnier. Sein Grundgedanke ist, den Einlegboden als Kapselboden zu benutzen und den letztern ganz zu unterdrücken, während er dem Einlegboden eine zur Ausnutzung des Raumes möchlichst geschickte Gestalt giebt. Dieser Regnier'sche Einsatz besteht daher aus einem blossen Kranz *b* (Fig. 175) ohne Boden, aber einem schmal umgeschlagenen Rand, sodann aus den Einlegböden *a* und *c*, letztere vertieft nach dem Umriss des Tellers und in der Mitte *e* (zur Verringerung des Gewichtes) ausgeschnitten. In der Zusammenstellung erscheint das Ganze (für Teller)

Regnier's Kapseln.

wie in Fig. 175. Der Kranz dieses Einsatzes ist von Kapselmasse, der Einlegboden von Einlegbodenmasse mit feiner Chamotte. Der Vortheil ist augenscheinlich: wo sonst auf die Höhe des Ofens 16 Teller gehen, finden nach Regnier nun 21 Teller Platz mit reichlichem Spielraum bei 3 Zoll Kranzhöhe. Allerdings ist diese Aufstapelung etwas künstlich, nur

Regnier's Kapseln.

Fig. 175.



bei sehr gut stehenden und verlässigen Kapseln rathsam, um so mehr, als das Gewicht zwar nicht für den einzelnen Teller, aber doch für eine ganze Säule beträchtlich grösser ist.

Die Hauptbestimmung der Einlegböden als eine in der Form unveränderliche ohne Krümmung der Oberfläche sich erhaltende Unterlage, lässt sich nur durch einen viel stärkeren Versatz des frischen Thons mit Chamotte und gröberes Korn der letzteren erfüllen. Die Masse dazu ist in der That nur gröbste Chamotte mit soviel frischem Thon als eben zur Verbindung der Körner erforderlich (in Nymphenburg z. B. die Hälfte vom Gewichte der Chamotte). Diese Masse ist gänzlich unplastisch. Die Böden werden daher durch Schlagen in eisernen mit Chamottemehl bestäubten Formen und hölzernen Hämmern mit breiter Bahn hergestellt.

Einlegböden.

Die Schwindung der Kapseln, durch den Versatz mit Chamotte auf ein leidliches Mass zurückgebracht, beträgt immer noch 5 bis 8 Procent linear; bei den Einlegböden ist sie unmerklich, nur 2 bis 3 Proc. Bei beiden findet die Schwindung natürlich nur im ersten Brande, nicht mehr in den folgenden statt. Ebenso der Gewichtsverlust durch Abgabe von gebundenem und hygroskopischem Wasser, etwa 4 bis 5 Proc.; er geht natürlich nur von dem frischen Thon der Masse aus, da die Chamotte, als schon gebrannter Thon, sich nicht mehr verändert.

Schwindung der Kapselmasse.

Durch den starken Versatz mit Chamotte ist die Kapselmasse wenig bindend. Bloss getrocknete Kapseln sind so mürbe, dass sie sich nur schlecht handhaben lassen; sie brechen bei ihrem oft sehr erheblichen

Verglühen der Kapseln.

Gewichte leicht in den Händen der Brenner und haben so wenig Tragkraft, dass wenn man sie zu Säulen im Ofen aufstapelt, die untersten leicht eingedrückt werden. Es ist deshalb Regel, die Kapseln vor dem Gebrauch in dem obern Stockwerke des Ofens zu verglühen, wie die Porzellanwaaren. Bei der niedern Temperatur des Verglühfeuers ist die Schwindung nur unbedeutend und erfolgt der Hauptbetrag derselben erst im Hauptfeuer.

Der Brand.

Allgemeines.

Dass die Porzellanwaaren zweimal durch das Feuer gehen, davon ist bereits die Rede gewesen. Ebenso, dass das erste Feuer, das „*Verglühen*", nur eine Vorbereitung zum Glasuren ist und sonst keinen Zweck hat, wie es denn bei nicht glasirten Waaren ganz unterbleibt. Das Verglühen geschieht auch nur gelegentlich, mit dem abfallenden Feuer vom Hauptbrand in den oberen Stockwerken des Brennofens. In dem Hauptbrande oder „*Glattbrande*" allein kommen die Waaren zur Gare und zwar Masse und Glasur gleichzeitig.

Schwierigkeiten.

Aus Gründen, die aus der Natur des Porzellans fliessen, gehört das Glattbrennen zu den mit grössten Schwierigkeiten umgebenen Arbeiten: die Gare erfolgt erst mit der Weissglut; während der Gare geräth das Porzellan in einen Zustand der Erweichung und wird biegsam, also ungemein geneigt, seine Form zu verlieren; ferner haften glasirte Waaren an allen Gegenständen, die die schmelzende Glasur etwa beim Flusse berührt; endlich ist die weisse Farbe des Porzellans nicht mit der Masse und ihren Gemengtheilen von vornherein gegeben, sondern in hohem Grade von der Beschaffenheit des Feuers abhängig, von der empfindlichsten Natur und im Feuer nur allzuleicht gefährdet. Diese Gegebenheiten zwingen den Fabrikanten zu einem Inbegriff von Massregeln, welche zusammengenommen die Kunst des Brennens ausmachen.

Masse des zu brennenden Materials.

Die Kapseln gleicher Gattung werden im Ofen zu Säulen oder „*Stössen*" auf einander gestapelt, dergestalt, dass der Boden jeder folgenden Kapsel als Deckel der vorhergehenden dient und diese von oben schliesst. Der Einsatz des Ofens besteht sonach aus einem Inbegriff planmässig mit schmalen Zwischenräumen angeordneter Stösse. Es liegt auf der Hand, dass ein solcher Einsatz nur durch Flammfeuer gebrannt werden kann. Sämmtliche Porzellanöfen sind daher Flammöfen und zwar stehende Flammöfen. Welcher Art sie auch sein mögen, scheiden sie sich daher in einen Theil, der lediglich der Entwicklung der Flamme dient,

und in einen Theil, worin die entwickelte Flamme zum Brennen der Waare zur Verwendung kommt. Jede zu starke Einwirkung des Feuers bedroht mit Reissen der Kapseln und Verbiegung durch Erweichen der Seitenwände; bei ungleichmässiger Einwirkung des übertriebenen Feuers krümmen sich die Stösse, zuweilen bis zum Umkippen. Jede Störung der richtigen Lage der Kapseln oder ihrer Haltbarkeit gefährdet natürlich die eingesetzten Geschirre.

Wie überall, so stellen sich die Kosten für kleinern Umfang des Brandes ungünstiger als für grössern Umfang, aber mit wachsendem Umfang der zu brennenden Massen wachsen auch die Dimensionen des Brennraumes und läuft man Gefahr, die Tragweite des Feuers, also der Flamme, zu überschreiten. Es giebt also zwischen den Anforderungen der Ersparniss und der Sicherheit gewisse Grenzen für den Einsatz. Die Brennkosten, wegen der erforderlichen Weissglut schon sehr hoch, werden noch erhöht durch die Nothwendigkeit, die einzelnen Stücke so aufzustellen, dass sie sich nicht berühren und durch die schmelzende Glasur an einander kleben, also durch eine unvollkommene Ausnutzung des Raumes und Feuers, ein Umstand, der die ungeheure Last des Betriebes, nemlich das unverhältnissmässige Zubehör, noch vermehrt. Nach eigens angestellten Wägungen kamen auf 10 Centner zu brennendes Porzellan (den gewöhnlichen Einsatz) in Sèvres in 10 verschiedenen Bränden 160 bis 200 Centner (Brogniart), in Nymphenburg 110 Centner Zubehör an Kapseln, Böden u. s. w.

Sonach besteht das Porzellanbrennen in der Bewältigung eines Einsatzes von 160 bis 200 Centner und darüber im Flammfeuer bei der Weissglut, aber dies ist nur die eine Seite der schwierigen Aufgabe, denn sie verlangt noch zwei Dinge: Gleichmässigkeit der Hitze und richtige Beschaffenheit der Flamme. Im strengern Sinne des Wortes ist es natürlich ganz und gar unmöglich, in allen Punkten des geräumigen Ofens ein und denselben Temperaturgrad zu halten, aber der Brenner kann sich doch niemals der Forderung entziehen, dass wenigstens der Einsatz an allen Punkten zur Gare kommt, sowie dass die Gare an den verschiedenen Punkten in nicht zu ungleicher Zeit eintritt. Denn die Waare, die zuerst gar wird, läuft dann Gefahr der Ueberbrennung, wenn sie zu lange dem Feuer ausgesetzt bleibt, sie wird fehlerhaft und unbrauchbar; oder es bleibt ein Theil ungahr zurück. Liegt es dem Brenner ob, den gehörigen Hitzgrad und diesen mit hinreichender Gleichmässigkeit zu erzielen, so hat er nicht minder seine Aufmerksamkeit auf die Beschaffenheit der Flamme, chemisch gesprochen auf ihre Reaction, zu richten. Wie die meisten Gattungen Glas, so hat auch die Porzellanglasur die Eigenschaft, unter dem Einflusse von Kohle, von organischen Substanzen, namentlich den empyreumatischen Stoffen des Rauchs, eine unreine bräunlich-gelbe Farbe anzunehmen. Eine zu stark reducirende und rauchige Beschaffenheit der Flamme in der entscheidenden Zeit des Brandes ist daher fehlerhaft, die Waare nimmt dann mehr oder weniger jene Fär- Natur der Flamme.

Natur der Flamme.

bung an, sie ist nicht „*frisch*“. Das häufige Vorkommen dieses schwer zu vermeidenden Uebels erklärt sich aus der nähern Betrachtung der Sachlage sehr wohl. Die Sache liegt nemlich nicht so, als ob die Waaren sich von Haus aus weiss brennen und nur gelegentlich bei unvorsichtiger Handhabung des Feuers einmal gelb färben; sie liegt vielmehr gerade umgekehrt, die Waare nimmt jedesmal und zwar im Anfang des Brandes eine Missfarbe an, die in den späteren Stadien unter der richtigen Reaction der Flamme vollkommen, bei fehlerhaftem Gang nur theilweise wieder verschwindet. Den Beweis liefern Stücke als Probe aus dem Feuer gezogen in dem Zeitpunkt, wo die Glasur noch nicht geflossen, aber schon an den Scherben angebacken ist: sie erscheinen heller und dunkler schmutzig braun, wie etwa helle Brodkruste, fleckig. In der That kann es auch nicht anders kommen, denn die Flamme kann anfangs, wo die Temperatur des Ofens noch zu niedrig, nicht anders als trübe und russig gehen, die empyreumatischen Theile schlagen sich auf das kalte Porzellan nieder, da die poröse und fugenreiche Einkapselung dem Durchgang des Rauchs kein hinreichendes Hinderniss bietet. Durch die Unvollkommenheit des Feuers verunreinigt sich das Porzellan zuerst, ohne dass der Brenner es hindern kann, und nur durch seine Geschicklichkeit gelangt er nachträglich dahin, die Verunreinigung wieder weg zu brennen. Man könnte in einer kräftig oxydirenden Flamme das sichere Mittel gegen das bezeichnete Uebel vermuthen, aber die Erfahrung lehrt, dass man damit nur aus der Scylla in die Charibdis geräth. Ausgesprochene Oxydationsflammen, abgesehen davon, dass sie zu kurz und stechend in der Regel die nachtheiligste Ungleichheit der Temperatur bedingen, reagiren auf gewisse in der Porzellanmasse enthaltene Metalloxyde und beeinträchtigen dadurch die weisse Farbe. Namentlich entwickeln solche Flammen bei Porzellan aus manganhaltigen Kaolinen einen hässlichen, schmutzig violetten Stich. Die richtige Beschaffenheit der Flamme ist mithin die, bei welcher sie noch die organischen auf der Oberfläche der Waare abgesetzten Stoffe oxydirt, aber noch nicht auf höhere Oxydation jener Metalle wirkt; es ist die fette, glänzende, aber nicht russende Flamme eines gut regulirten Leuchtgasbrenners. — Noch ist eines, aber nur sehr selten, in manchem Porzellanfabriken nie gesehenen, für die Waare verderblichen Zwischenfalls zu gedenken. Wenn im letzten Stadium des Brandes, nahe am Schluss, die bereits in der vollen Weissglut stehende Waare und die in vollem Fluss befindliche Glasur von einer russenden Flamme getroffen wird, dann kann es kommen, dass Kohlenstoff — durch Dissociation aus Kohlenwasserstoffverbindungen abgeschieden — sich als glänzend schwarzer Ueberzug auf der Oberfläche absetzt, der sich in allen Stücken wie Graphit verhält. Die Erscheinung ist eben darum selten, weil bei der betreffenden hohen Temperatur eine russende Flamme nur sehr schwer zu Stande kommt.

Wie aus dem Gesagten erhellt, so ist die richtige Beschaffenheit der Flamme in den Anfangsstadien des Feuers eine Unmöglichkeit; sie kann

naturgemäss erst eintreten, wenn der Einsatz die Rothglut angenommen und aufgehört hat, stark abkühlend auf die Flamme zu wirken. Darauf gründet sich die Unterscheidung des „*Vor-* oder *Lavirfeuers*“ — Heranbringen des Einsatzes auf die Rothglut — vom „*Scharffeuer*“ — Eintritt der zum Frisch- und Garbrennen geeigneten Flamme.

Einkapseln der Waare.

Die Nothwendigkeit, das Porzellan in Kapseln zu brennen, ergiebt die besondere Arbeit des „*Einfüllens*“, d. h. des planmässigen Eintragens der Waare in die Kapseln, eine peinliche, schwierige Arbeit vom grössten Einfluss auf das Gelingen. Sie ist eine lange Reihe zu Nutz gebrachter Erfahrungen, die theils auf Behandlung der Waare, theils der Kapseln hinauslaufend. Der geringste Verstoss rächt sich hier mit Sicherheit.

Den Beginn macht das Auskehren der Kapseln mit dem Handbesen, um Staub und alle losen Theile zu entfernen; ein leichter Schlag mit dem Stiel hilft nach und lässt durch den Klang erkennen, ob die Kapsel etwa gesprungen. Das Porzellan — und zwar schon der Scherben an sich, abgesehen von der Glasur — neigt im Feuer an die Kapselmasse anzuhaften; aus diesem Grunde stellt man die Waare nicht unmittelbar auf die Kapselböden, sondern überstreut dieselbe zuvor mittelst eines Handsiebes dünn mit Quarzsand, oder überpinselt sie mit sogenanntem „*Anstrich*“, einem Gemeng von Kaolin mit Quarzmehl, welches auch im strengsten Feuer zerreiblich bleibt. Bei den Einlegböden, die wegen des reichen Versatzes mit ganz grober Chamotte keine schlichte Oberfläche geben, ist der Anstrich hauptsächlich am Platz. Da diese Böden nun, ungleich den Kapseln, sehr oft und lange gebraucht, aber jedesmal frisch mit Anstrich versehen werden, so bildet der Anstrich zuletzt dicke und bucklige Krusten, auf denen sich die Waare, namentlich Platterie, verbiegt. Die Oberfläche der Böden muss daher von Zeit zu Zeit mit Sand auf der eisernen Richtplatte nachgeschliffen werden. — Grössere Geschirre kommen einzeln in die Kapseln der entsprechenden Form und Grösse; kleinere Geschirre meist zu mehreren in dieselbe Kapsel, doch setzt man auch Becher, Obertassen u. s. w. einzeln in passende Kapseln ein, weil eine Anzahl kleiner Stösse zur bessern Erfüllung und Anordnung des Ofenraums unentbehrlich. Die Kostspieligkeit des Brandes drängt zu möglicher Ausnutzung des Raumes, man sucht daher müssige Lücken in den Kapseln möglichst zu vermeiden. Grosse und bauchige Geschirre (Suppenschüsseln, Nachttöpfe etc.) umstellt man unten mit kleinen und niedrigen Artikeln, Eierbechern, Salzfässern, Bierkrugdeckeln etc. Wo mehrere Geschirre gemeinschaftlich in eine Kapsel kommen, sucht man sie möglichst dicht zu stellen, z. B. Kannen mit den Henkeln zusammen nach innen, zur bessern Fügung. Nirgends dürfen die Waaren sich selbst oder die Kapselwand berühren. Jedes Stück ist unmittelbar vor dem Einsetzen abzublasen, um Staub und lose Glasurtheile zu entfernen,

Der Anstrich.

auch ist genau Acht zu haben, dass kein Sand hinein fällt. Die gefüllten Kapseln werden vom Arbeitstisch zur Seite in Stössen von der richtigen Höhe vor dem Ofen aufgestapelt und mit Kreide zur Anleitung beim Einsetzen bezeichnet. Vorzugsweise ist dies unerlässlich, wo man zweierlei Masse, strengere und leichtere, führt.

Stützen etc. Auch die Porzellanwaare selbst erfordert manche Vorbereitung während des Einfüllens, abgesehen von dem schon vorausgegangenen eigentlichen Verputzen. Hierher gehören zunächst Gefässe mit Deckeln. Gut passende Deckel erhält man nur, wenn sie auf dem Geschirre selbst gebrannt werden; zu dem Ende müssen aber die schon vorher von der Glasur verputzten Ränder beide mit Anstrich versehen werden, der sich nach dem Garbrande dann leicht abreibt. Die Ränder sind dann natürlich unglasirt matt und schmutzen leicht. Statt dessen brennt man auch den Deckel besonders, wo dann wenigstens der Rand der Geschirre glasurt werden kann. Der Deckel wird alsdann, um ihn unverzogen und genau rund zu erhalten, auf eine „*Zarge*", d. h. auf einen zu dem Zweck besonders abgedrehten Porzellanring aufgesetzt, über die der Rand des Deckels übergreift. Solche Zargen werden auch in vielen anderen Fällen gebraucht, aber stets müssen die sich berührenden Theile natürlich mit Anstrich versehen werden. Manchmal kommt die Schwindung in förderlicher Weise zu Hülfe; die Deckelplatten zu Bierkrügen z. B. werden nur am äussersten Rande verputzt und flach auf den Kapselboden aufgelegt, obwohl sie an der Unterseite vollkommen eben sind; durch die Schwindung krümmen sie sich gerade so viel, dass sie nur mit dem Rande auf-, aber in der Mitte hohl liegen. Starke und einseitige Ausladungen sind stets geneigt, sich im Feuer zu senken, z. B. abstehende längere Griffe, ausgereckte Theile von Figuren u. s. w. Diesen giebt man eine „*Stütze*". Die Stützen sind keilförmige Stücke Porzellan, unten von breiter Grundfläche, oben in eine scharfe Schneide ausgehend, so dass sie den zu stützenden Theil nur an einem Punkte oder in einer Linie berühren; man hat dann in der Regel nicht nöthig, die Berührungsstelle zu verputzen oder mit Anstrich zu versehen, da nur eine wenig sichtbare und nach unten gekehrte Narbe bleibt. Stützen sind übrigens keine sehr verlässigen Hülfsmittel, denn der Erfolg setzt voraus, dass sie vollkommen gleichmässig mit der Waare schwinden, was nicht immer eintrifft wegen Verschiedenheit der Dimensionen; sie müssen stets auf derselben Unterlage mit dem Hauptstück stehen, auch stellt man beide zur grösseren Sicherheit gern noch auf eine besondere Porzellanplatte. — Besondere Schwierigkeiten machen grössere Porzellanplatten oder Tafeln für Porzellangemälde, theils wegen der ausgedehnten Oberfläche, theils insofern das Porzellan allen von ebenen Flächen und geraden Linien begrenzten Formen ungünstig ist. Kleinere Platten, bis etwa 25 Centimeter im Geviert, legt man flach in die Kapseln, aber sie krümmen sich gern aufwärts. Grössere Platten brennen sich flachliegend zu unsicher wegen zu grosser Spannung der Kapselböden, fangen auch bei der grossen

Fläche zu leicht Körner auf. Frei in senkrechter Lage hängend, wenn diese sonst möglich wäre, würden sie sich nach der Richtung krümmen, in der das Feuer wirkt. Man wählt daher eine mittlere Lage, die schräg geneigte; je zwei Platten auf dem „*Bock*", einem dachförmigen, 12 bis 15 Centimeter starken Gerüste von Einlegbodenmasse. Am obern Rande sind die Platten mit einer winkelrecht angebogenen Leiste versehen, mittelst der sie über die Kante des Bocks übergreifen und sich halb hängend und halb liegend verhalten. Diese Leiste wird später abgeschnitten, was bei der Härte des Porzellans mühsam und Gefahr bringend ist. Zur Erleichterung dieser Arbeit schneidet man auch die Leiste vor dem Brand auf die halbe Dicke durch, dann reisst sie aber auch gern im Feuer ab. Platten über 40 bis 50 Centimeter gelingen nur selten, doch hat man schon solche bis zu 1 Meter Durchmesser ausnahmsweise fertig gebracht. Der Bock sammt den Platten wird selbstverständlich in grosse Kapseln eingesetzt; das Ganze nimmt unverhältnissmässig Raum ein und erschwert die Wirkung des Feuers, weil die Platten mit dem obern Theil weit von der Kapselwand abstehen.

Die Oefen.

Allgemeines.

An die schon im obigen bezeichneten Hauptmomente, um die es sich beim Porzellanbrande handelt, knüpfen sich noch damit zusammenhängende Gesichtspunkte besonderer Art. Der Brennraum eines Ofens von 3,5 Meter Durchmesser, wie sie meist im Gebrauch sind, entspricht einem Inhalt von 50 bis 60 Cubikmeter, Grössenverhältnisse, die man oft genug noch überschreitet. In einen solchen Ofenraum kommen je nach der zu brennenden Geschirrgattung 100 bis 120 Kapselstösse und darüber, entsprechend 1800 bis 2000 Stück Kapseln. Das Feuer hat zunächst die Aufgabe, jedes Stück Porzellan auf den Hitzgrad zu bringen, bei welchem der Scherben zur völligen Gare, die Glasur zum völligen Fluss kommt; diese Temperatur erreicht zwar den Schmelzpunkt des Platins noch nicht, geht aber über den Schmelzpunkt des Nickels, erlangt in den heisseren Regionen eine Höhe, bei der Kobalt nicht nur schmilzt, sondern sich zum grössten Theil verflüchtigt, und bringt auch an den am wenigsten heissen Theilen Feldspath, Granit, Syenit etc. mit Leichtigkeit zum Fluss. Das Feuer muss das Porzellan auf diesen dem ersten Stadium der Weissglut entsprechenden Hitzgrad bringen, indem es durch einen schlechten Wärmeleiter durch die Wände der Kapseln (von 1 bis 3 Centimeter Stärke) hindurch wirkt. Es muss diesen Hitzgrad an jedes einzelne Stück,

Temperaturgrad des Brandes.

an jeden Punkt des Brennraumes hintragen. Dies kann natürlich nicht geschehen, ohne dass die Ofenwände gleichzeitig bis auf eine gewisse Tiefe an demselben Hitzgrade theilnehmen. Man hat also nicht bloss das ganze Gewicht des obigen Einsatzes, d. h. 110 bis 200 Centner Kapseln nebst 10 Centner Porzellan, sondern auch noch 75 bis 120 Centner feuerfeste Mauer als Ofenmaterial, wenn man annimmt, dass die Weissglut auf 2 bis 3 Centimeter eindringt. Alles zusammengenommen sind also, und zwar unter sehr erschweerenden Umständen, 200 bis 300 Centner Masse und darüber auf die Weissgluth zu bringen. Indem die Flamme als ein Strom brennender gasförmiger Körper sich in dem Brennraum verbreitet, trägt sie die Verbrennung und mit der Verbrennung auch den erforderlichen Hitzgrad zu allen Punkten des Brennraumes und des Einsatzes hin. Darum ist eine wesentliche Vorbedingung, auf die der Brenner seine Thätigkeit in erster Linie zu richten hat die, dass der Brennraum stets ganz und gar mit Flamme erfüllt bleibt. Nur dann ist dieser Bedingung genügt, wenn die Flamme mit Gewalt aus allen Abzugsöffnungen des Brennraumes strömt. Die ganze Heizung des Porzellanofens, die ganze Art zu schüren ist aus diesem Grunde nur darauf gerichtet, möglichst viel Flamme und Flamme von geeigneter Reaction zu erzeugen. Die Feuerungen oder „*Schüren*“ des Ofens sind daher im Grunde nur eine Art von Generatoren, eine Vorrichtung zum Gasificiren des Brennstoffes, aber so, dass die gasigen Produkte sogleich brennend, d. i. als Flamme in den Ofen treten. Der Betrieb des Porzellanbrandes hängt zunächst von der baulichen Einrichtung des Ofens, dann und zwar in hohem Grade von der Art zu schüren, endlich auch von einem dritten Umstande, nemlich von der Anordnung des Einsatzes ab. Indem die Flamme selbstverständlich ihren Weg von den Schüren nach den Abzugsöffnungen durch die Zwischenräume der Kapselstösse nimmt, kann natürlich die Anordnung dieser Stösse, welche die Weite, die gegenseitige Lage und die Richtung der Zwischenräume bestimmt, nicht gleichgültig sein. Im Gegentheil bedingt diese Anordnung, das „*Angericht*“, die Vertheilung der Flamme und damit die Gleichmässigkeit des Brandes sehr wesentlich. Das Angericht ist die Ergänzung der Ofenconstruction, die Fortsetzung der Schüren.

Haupt-gesichts-punkte.

Einrichtung der Oefen.

Die Porzellanfabriken bedienten sich (in der ersten Zeit nach der Erfindung) liegender Ofen nach Art der Ziegelöfen, Flammöfen mit horizontalem Zuge, der Länge nach durch den Ofen gehend. Die einseitige Richtung des Zuges konnte nicht anders als grosse Ungleichheiten in der Temperatur zu Folge habe, denn die Kapselstösse folgten sich in immer grösserem Abstande von der Feuerung, der zuletzt die ganze Länge des Brennraumes betrug. Offenbar hat diese Unzuträglichkeit sich so fühlbar gemacht, dass sie schon früher die Mutter der gegenwärtig gebrauchten Construction geworden: kreisrunder Brennraum mit symmetrisch an seinem Umfang vertheilten Feuerungen und concentrisch nach dem Mittelpunkt gerichtetem Zuge. Die Kreisform bedingt die geringste Wärmezerstreuung,

Einrichtung der Oefen.

denn sie bietet die kleinste Oberfläche in Verhältniss zum Inhalte; der Abstand der Kapselstösse von der Feuerung ist zwar immer noch ungleich, kann aber nie grösser sein, als der Radius des Brennraumes; die Wirkung des Feuers ist symmetrisch wie der Ofen; die Form ist zweckmässiger für die Nebennutzung und Ausnutzung des Feuers. Was die Gliederung des Ofens anlangt, so ist sie einfach, er besteht aus: den Schüren, dem Scharffeuer unmittelbar über den Schüren als unterer Stock, den Verglühfeuern als obere Stockwerke und dem Kamine zur Ableitung der Verbrennungsgase über Dach.

Die Anzahl der Schüren ist mindestens und am gewöhnlichsten fünf, steigt aber zuweilen bis zu zehn, je nach dem Verhältniss der Grösse des Ofens und dem Arbeitslohn; denn je mehr Schüren vorhanden, um so mehr Bedienung ist erforderlich. Bei fünfschürigem Ofen genügen zwei Mann zur Unterhaltung des Feuers unter der Leitung eines Oberbrenners. Mit zunehmender Hitze des Brandes nimmt natürlich auch das Bestreben der Wärme zu, sich nach aussen zu verbreiten; die Temperatur der Gare kann auch nur erreicht werden durch möglichste Verhinderung der Wärmezerstreuung. Dieser Bedingung wird genügt, und zwar sehr vollkommen, durch Anwendung von schlechten Wärmeleitern als Baumaterial, nemlich der ohnehin am zweckmässigsten sich erweisenden gebrannten Steine, dann durch hinreichende Stärke der Mauern. Das Ofengebäude besteht im Aeussern aus den Rauhmauern von gewöhnlichen Backsteinen, im Innern aus dem feuerfesten Futter. Das feuerfeste Futter ist in dem Brennraume 9 Zoll stark und ohne Verband mit der zwei Steine starken Rauhmauer aufgeführt. Die Gesammtstärke der doppelten Ofenwand, die sich sonach mit den Mörtelfugen auf 3 Fuss beläuft, hält die Hitze in dem Grade zusammen, dass sich die äussere Oberfläche des Ofens selbst zur Zeit der Gare nur lauwarm anfühlt. Selbstverständlich wird nur die Rauhmauer mit gewöhnlichem Mörtel aufgeführt, das feuerfeste Futter mit frischer Masse zu feuerfesten Steinen. Die Decke jedes Brennraumes ist ein Gewölbe aus feuerfesten Steinen mit den erforderlichen Abzügen. Die Ofen erhalten oft nur ein einziges, oft zwei Glühfeuer, sie sind also bald zwei-, bald dreistöckig. Von dem obersten Glühfeuer an zieht sich die Ofenwand kegelförmig zu einem Kamine zusammen, der noch einige Fuss über das Dach reicht und mit einer Schlussklappe oder Deckel versehen ist. Die oberste Reihe der feuerfesten Steine des Futters in jedem Stockwerke ist eigens als Widerlager für die Gewölbe geformt. Der seitliche Schub des Gewölbes pflanzt sich von diesen Kämpfern auf die daran stossenden Schichten der Rauhmauer fort. Zur Ausgleichung dieses einseitigen Druckes nach aussen umgiebt man die Rauhmauer an dieser Stelle mit zwei oder drei starken Reifen aus Schmiedeisen, die aus mehreren Sectoren zusammengeschraubt sind, als Widerlager. Nach einiger Zeit backen übrigens die Gewölbsteine in den wiederholten Bränden so zusammen, dass sie sich verhalten wie ein Thonkörper aus einem Stück, sie tragen sich dann frei ohne Seitenschub. Immerhin sind

Einrichtung der Oefen.

auch alsdann die Reifen noch unentbehrlich als Halt gegen die jedesmalige Zusammenziehung und Ausdehnung des Mauerwerkes durch den Brand. Wie der Ofen, so sind auch die Schüren mit feuerfestem Futter und Rauhmauer versehen und durch sich kreuzende, in Fundament und Hauptmauer verankerte Eisenschienen gebunden.

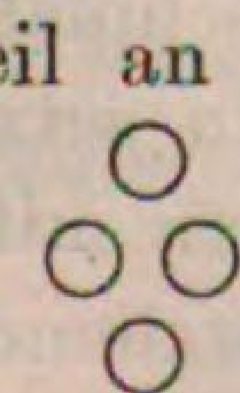
Dass das ganze Ofengebäude auf ein starkes Fundament zu stellen ist, bedarf kaum besonderer Erwähnung. Besteht das Fundament aus einem massiven Mauerkörper, so ist es mit kreuzweise gelegten Abzügen zu versehen zur rascheren Austrocknung. Demungeachtet macht die Entwicklung der Feuchtigkeit im Anfang des Betriebs empfindliche Störungen und man sieht noch beim fünften und sechsten Brande Dampf aus dem Fundament aufsteigen. Es empfiehlt sich daher, dieses letztere in Form einer starken ringförmigen Mauer anzulegen und den Binnenraum mit trockenem Material, Bauschutt, Sand und dergl. auszustampfen. Obenauf kommt in allen Fällen ein Pflaster aus zwei oder drei Lagen feuerfesten Steinen, als Sohle des Scharffeuerraumes, die dann zum sichern Stand der Kapselstösse etwa 2 Zoll hoch mit Sand überfahren wird. Von jeder Schüre geht ein Fuchs durch die Hauptmauer und mündet in der Ebene der Sohle des Brennraumes, von dem Brennraume gehen Füchse nach den Verglühfeuern. Bei den gewöhnlichen einfachen noch meist üblichen Oefen befinden sich diese Füchse in dem Gewölbe, nemlich so viele kleinere Füchse als Schüren sind, je in der Mitte zwischen diesen an der Umfangsmauer, ein grosser weiter Fuchs im Scheitel des Gewölbes. Dieser letztere ist gewöhnlich im darüber befindlichen Glühfeuer zur Verstärkung des Zuges mit einem kurzen 2 bis 3 Fuss hohen kaminartigen Aufsatz versehen, von welchem diese mittlere Hauptzugöffnung den Namen „*Cylinder*“ führt. Bei manchen Oefen neuerer Construction mit verwickelterer Circulation des Feuers, zieht dieses nicht durch das Gewölbe, sondern am Boden, durch Canäle in den Seitenwänden nach den Verglühfeuern ab. Zufolge der goldenen Regel, wonach die Theile, die Feuer auszuhalten haben, nicht zugleich baulich in Anspruch genommen werden und umgekehrt, überwölbt man die wagrecht laufenden Füchse — namentlich die von der Schüre in den Ofen führenden, die dem Anprall der Flamme zunächst ausgesetzt sind — doppelt, mit einem feuerfesten Gewölbe nach innen, einem aus gewöhnlichen Steinen nach aussen. Schon das häufig nöthige Auswechseln des feuerfesten Futters dieser Füchse macht diese Massregel rathsam. Gute feuerfeste Steine für den Ofenbau sind ein Bedürfniss in erster Linie und werden stets in den Porzellanfabriken selbst angefertigt, weil in den Kapselscherben dem Betrieb ein unvergleichliches Material zu Chamotte von selbst zufällt. Es ist von Wichtigkeit, die Steine vor der Verwendung möglichst stark zu brennen, damit sie nicht im Porzellanbrand zuviel nachschwinden, auch den Steinen gleich die durch die Construction gebotene Form zu geben, weil gut gebrannte feuerfeste Steine sich stets sehr schwer und nur mit ungebührlichem Aufwand an Zeit und Arbeit verhauen.

Die bis dahin besprochenen Momente kommen bei dem Ofen im allgemeinen und ohne Unterschied in Betracht. Die Besonderheiten der einzelnen Ofeneinrichtungen, die wesentlich von der Natur des Brennstoffs bestimmt werden, sind darnach leicht zu verstehen.

Einsetzen in den Ofen.

Das Angerichte.

Dem Brande geht das „*Einsetzen*“ der vorbereiteten Kapselstösse in den Ofen und dem Einsetzen das sogenannte „*Angerichte*“, gleichsam die Schlachtordnung beim Brande, voraus. Ein Theil der Waare muss, als augenblickliches Bedürfniss des Absatzes schlechterdings in den Brand, bei einem andern Theil auf weitern Vorrath hat man die Wahl. Die Füllung des Ofens setzt sich daher zusammen aus den unerlässlichen Kapselstössen und denjenigen, die der Brenner zur Ergänzung hinzugiebt. Seine Aufgabe ist, sie zu einer planmässigen Fortsetzung des Feuerbaus, also im Sinne möglichst gleicher Vertheilung der Hitze und eines regelmässigen Ganges des Feuers anzuordnen. Diese Anordnung geschieht im Allgemeinen, ohne sich knechtisch daran zu binden, nach concentrischen Ringen, aber so, dass man bald engere, bald weitere Lücken lässt. In der Richtung, in der das Feuer am liebsten geht, verengt man ihm den Weg, da, wo es ungern hingeht, erweitert man ihn. Das nächste und wesentlichste ist die Anlage von Feuergassen, die von jeder Schüre in der Verlängerung der Füchse und gerader Richtung strahlenförmig nach der Mitte zu laufen; sie werden durch dreifingerbreite Lücken zwischen den entsprechenden Kapseln der drei äussersten Ringe gebildet. Diese sechs Kapselstösse, die die Feuergasse bei den einzelnen Schüren bilden, haben auf die Höhe von 2 bis 3 Fuss über dem Boden den ersten Anprall und den stärksten Angriff des Feuers auszuhalten und sind somit ganz besonders gefährdet. Man giebt ihnen darum in der Regel etwas mehr als die laufende Wandstärke, lässt sie an manchen Orten ganz leer oder füllt sie mit Sand. Wo man den allerdings empfindlichen Raumverlust (von etwa 30 bis 40 Kapseln im fünfschürigen Ofen) scheut, besetzt man sie mit der am schwierigsten gahr zu brennenden und am meisten feuerbedürftigen Waare, mit Tellern.

Der zweite regelmässige Theil der Anordnung trifft die Kapselstösse in der Mitte des Ofens, senkrecht unter dem Cylinder, doch ist in diesem Punkte die Behandlung nicht aller Orten gleich. Einige halten fest an der Regel, in der Mitte jederzeit einen grössern Kapselstoss (zu etwa 50 Centimeter weiten Platten), den „*Mittelstoss*“ oder „*König*“ anzubringen, während andere im Gegentheil an dieser Stelle eine Art Kamin aus drei  oder vier Kapseln  zusammenstellen. In jedem Falle kommen an diese Stelle nur leichtgahrende und zwar Hohlwaaren zu stehen. — Zwischen die äusseren Ringe um die Mitte herum ordnet

Einsatz. man beliebige Kapselstösse, so dass die Feuergänge sich vom dritten Ring einwärts seitlich verzweigen und verengen, mit Zwischenräumen in der Breite von 1 bis 2 Fingern. Ebenso füllt man die Räume der Kreisabschnitte zwischen den Feuergassen, aber so, dass die Stösse von der Umfangsmauer zwei Finger, unter sich etwas weniger, abstehen. In eben diese Räume, mitten zwischen die Feuergassen, in der Höhe der obersten Kapseln, fallen die Probelöcher, die den dritten und letzten festen Punkt des Angerichtes abgeben. An jedes Probeloch muss ein grösserer (Teller-) Kapselstoss mit der Probekapsel kommen. Diese letztere, mit den Probescherben besetzt, hat in der Seitenwand einen viereckigen, gegen das Probeloch gerichteten Ausschnitt; die Kapsel selbst wird auf einer Höhe angebracht, so dass sie gerade auf das Probeloch schwindet und die Proben von da zugänglich werden. Die „*Proben*“ sind längliche Scherben von verglühtem Porzellan. Eben solche Scherben mit einem Ende in einen Ballen Kapselthon als Fuss gesteckt, setzt man bei jedem Probeloch auch frei auf den Deckel der Probekapseln, sogenannte „*Wächter*“.

Nachdem der Brenner sein Angerichte nach Massgabe der Erfahrungsregeln und der Umstände entworfen, legt er dasselbe im Grundriss auf den mit Sand überfahrenen Boden des Ofens mit einzelnen Kapseln aus, so dass jede Kapsel, in ihrer Form und Nummer dem betreffenden Stoss entsprechend, dessen Ort bezeichnet. Nach diesem Grundriss bauen dann die Arbeiter die Stösse senkrecht mit dem Loth in dem Ofen auf, die sie satzweise eintragen. Noch bleiben einige für die Sicherheit des Brandes wichtige Nebenarbeiten. Undichter Schluss der zu Stössen auf einander gestapelten Kapseln bietet die Gefahr der Beschädigung der Waare durch eindringende Asche; klaffende Fugen sind daher mit frischer Kapselmasse zu verstreichen. Schon bei Kapseln mittlerer Grösse ist die Höhe des Stosses das Fünf- bis Siebenfache, bei kleinen Kapseln das Zehn- bis Vierzehnfache der Weite; die Kapselstösse haben daher keinen sehr festen Stand und kommen leicht durch einseitigen Trieb des Feuers zu einseitiger Schwindung und damit zu Krümmung und Uebergewicht. Man pflegt sie daher gegen einander an mehreren Punkten der Höhe mit „*Stützen*“ zu verspreizen. Man nimmt dazu entweder zugehauene Scherben von gebrauchten Kapseln oder besondere Thonstücke, die man mit frischer Kapselmasse am besten bei den Kapselfugen festklebt. Ebenso werden die Stösse des ersten Ringes gegen die Wand verspreizt. Auch das ohnehin oft erforderliche „*Ueberbinden*“ hilft zur gegenseitigen Festigung. Unter Ueberbinden versteht man den Fall, wo ein kurzer Satz grosser Kapseln über zwei benachbarte Kapselstösse gestellt wird, namentlich eignen sich dazu Stösse mit langgestreckten Fischplatten und dergleichen.

Zur Ersparniss an Kapseln setzt man auch wohl schon gesprungene und gerissene mit ein, die man mit Bindfaden zusammenbindet, bis sie durch den Druck der darüberstehenden zusammengehalten werden.

Selbstverständlich schreitet man mit dem Einsetzen vom Hintergrund über die Mitte nach dem Eingang vor. Sind die letzten Stösse

bei der Thür vollendet, so vermauert man den Eingang und der Brand kann beginnen.

Schon für das Angerichte, noch mehr aber für die genaue Berechnung der Brandkosten ist es wissenswerth, wie viele Kapseln der einzelnen Sorten der Scharffeuerraum fasst. Diese Zahl setzt sich für eine bestimmte Art Kapseln aus der Höhe der Stösse zusammen, welche gegeben ist, und aus der Anzahl Stösse. Letztere bestimmt man leicht durch Aichung. Auf diese Art ergab sich, dass die 3,5 Meter weiten Oefen in Nymphenburg fassen und zwar an Kapseln zu: Betrag des Einsatzes.

Gewöhnlichen Tellern	91 Stösse	Untertassen	303 Stösse
Deserttellern	105 „	Obertassen	379 „
Kleinen Deserttellern	125 „	u. s. w.	

Zu 17 gewöhnlichen Tellern der Stoss gehen also in den Scharffeuerraum 1547 Stück Tellerkapseln u. s. f. Sofern von den meisten Kapseln solche der einfachen, der halben und der doppelten Höhe gebraucht werden, ist dies besonders zu veranschlagen. Der Ofen ist natürlich nie mit einerlei Kapseln auszufüllen, man bedarf stets zur Ergänzung noch eine Anzahl Stösse kleinerer Kapseln verschiedener Nummern, so z. B. in obigem Ofen neben 91 Stössen Tellerkapseln noch 30 Stösse kleinere Sorten. Im laufenden Betriebe, wo man Waaren aller Gattungen zu brennen hat, sind auch natürlich alle Sorten Kapseln nöthig. In Nymphenburg kamen z. B. im Durchschnitt von 91 Bränden in den Ofen von 3,5 Meter Weite 1770 Stück verschiedene Kapseln, während sich der Werth an Porzellan auf 600 bis 700 Thlr. belief.

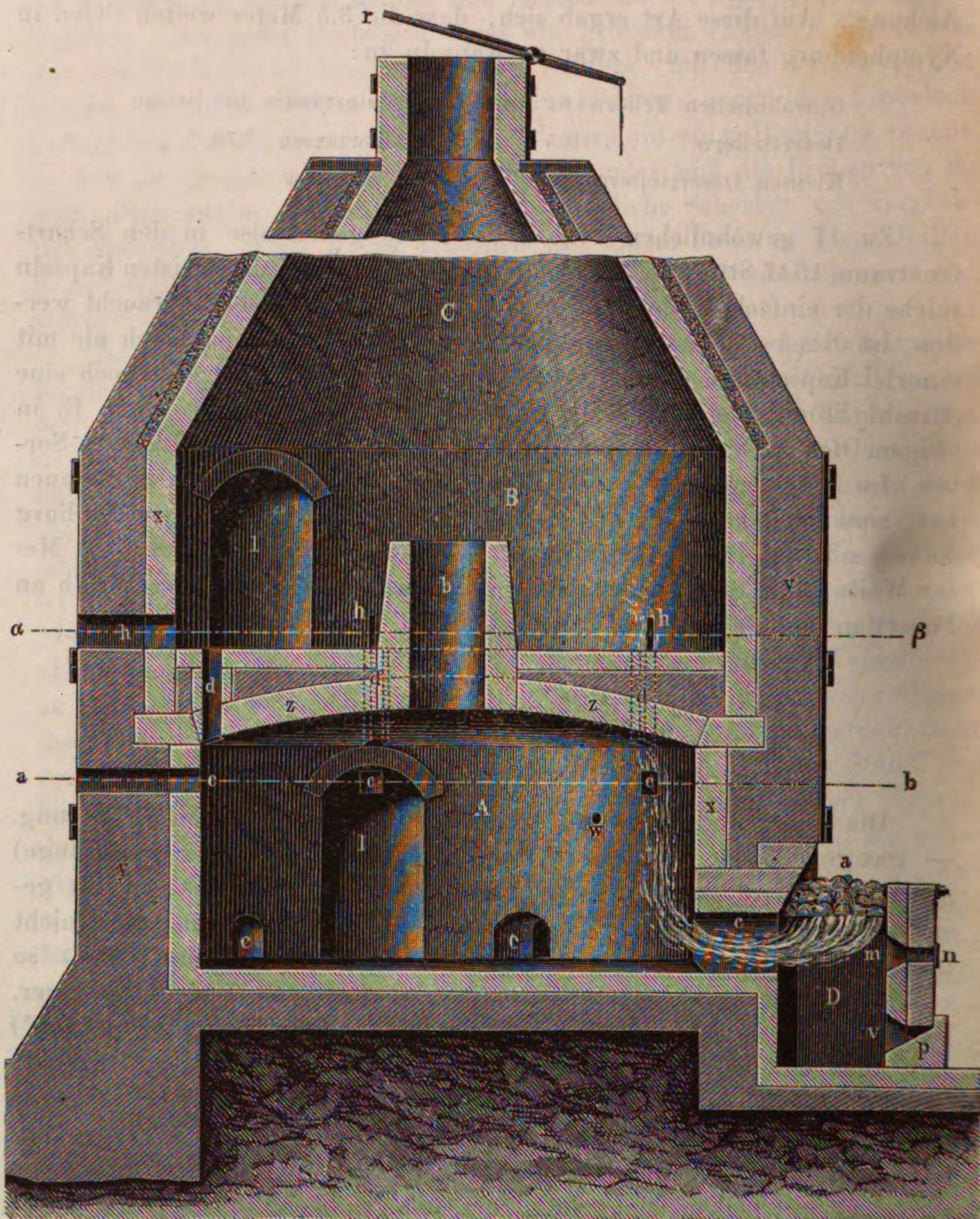
Brand mit Holzfeuerung.

Die älteste und einfachste Art zu brennen ist die mit Holzfeuerung. — Das vom Walde angelieferte Holz einmal (also zu halber Scheitlänge) geschnitten, wird zu dünnen Spreisseln von etwa 3 bis 4 Centimeter gespalten, soweit es astfrei. Die ästigen Theile, zum Feinspalten nicht mehr schlicht genug, werden für sich ausgehalten. Man erhält so zweierlei Holz, grobes zum Vorfeuer und Spreisseln zum Scharffeuer. Beide Gattungen müssen vor der Anwendung möglichst gut getrocknet*) sein und namentlich den Brennern stets von gleichem Trockengrade geliefert werden. Durch blosses Trocknen an der Luft ist dies nicht erreichbar und daher rathsam, sich einer geheizten Trockenkammer zu bedienen. Man erkennt die rechte Beschaffenheit daran, dass ein Spreissel leicht, mit hellem Klang und kurz, ohne Splitter, durchbricht. Das Holz.

*) Je trockner das Holz, um so leichter fällt die Waare frisch, je nasser, um so leichter fällt die Waare gelb aus.

Der Ofen. Fig. 176 und Fig. 177 stellt einen fünfschürigen Ofen für Holzfeuerung dar. *A* ist das Haupt- oder Scharffeuer, *B* das Verglühfeuer, *C* die über Dach führende Esse, *D D D* . . . die fünf Schüren. Der lichte Durchmesser ist 3,5, die Höhe der einzelnen Stockwerke im Lichte und Gewölbescheitel 1,75 und die gesammte Höhe des Ofens bis zur Essenmündung 14 Meter. Die Umfangswand des Ofens besteht aus dem

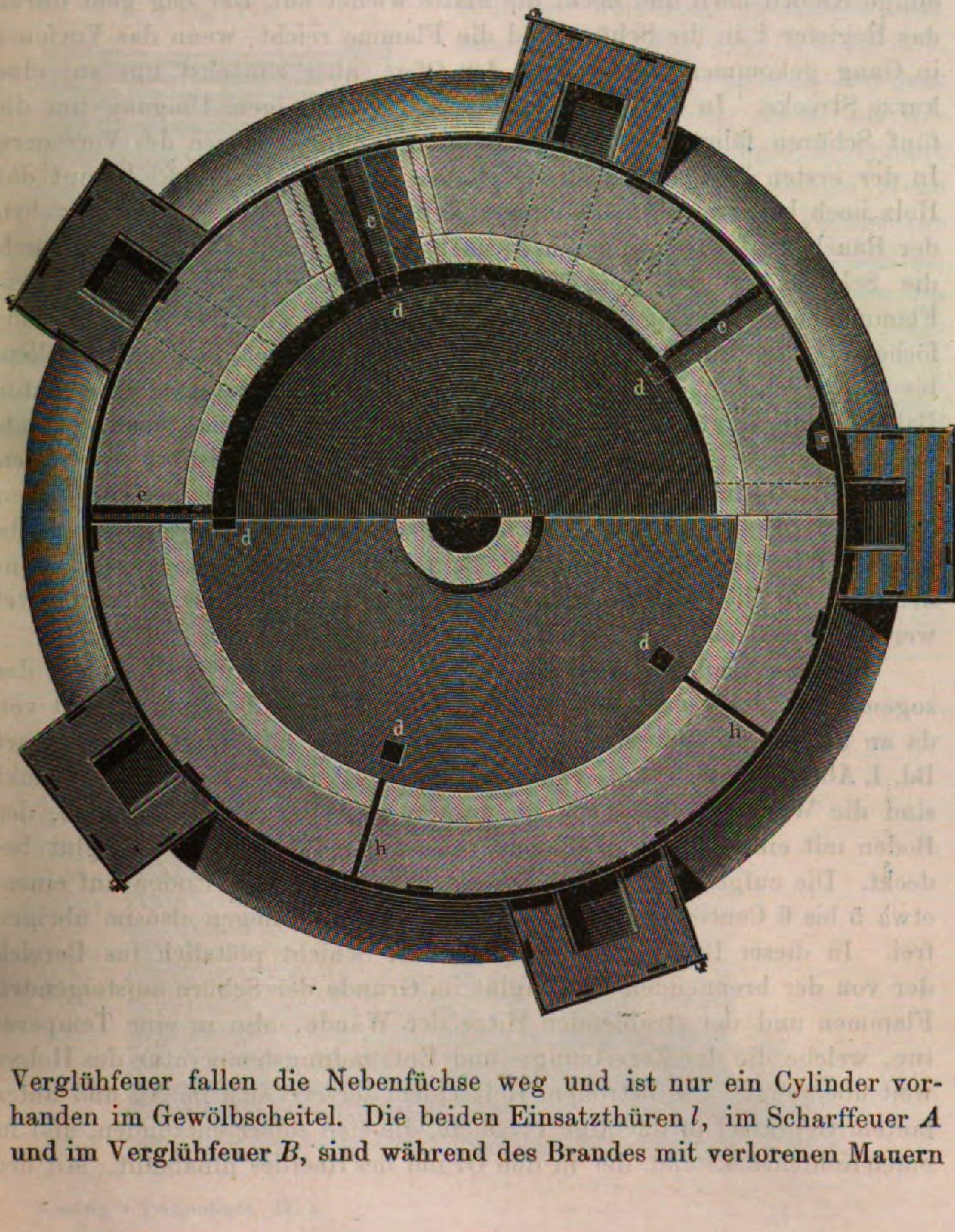
Fig. 176.



24 Centimeter starken feuerfesten Futter *x* und der zwei Steine starken Rauhmauer *y*; *z* sind die die Stockwerke scheidenden Gewölbe von feuer-

festen Steinen. Die in den Schüren *DD* . . . entwickelte Flamme geht durch die Füchse *ccc* . . . in den Ofen und entweicht durch die Füchse im Gewölbe des Scharffeuers, nemlich fünf kleinere *dd* . . . und den grossen Fuchs oder „*Cylinder*“ *b*, nach dem Glühfeuer. Die Füchse *dd* . . . liegen immer genau in der Mitte zwischen den Schüren; jedem Fuchs *dd* . . . entspricht eine Schauöffnung *hh* . . . gerade darüber in der Seitenwand des Verglühfeuers, zur Beobachtung der dort austretenden Flamme. Jede Schüre hat ein „*Register*“ *r* mit dem Stein *p* zum Reguliren des Luftzuges, dann ein dem Fuchs *c* gegenüber liegendes, für gewöhnlich geschlossenes Schauloch *n*, um in den Ofen sehen zu können. Im Der Ofen.

Fig. 177.



Verglühfeuer fallen die Nebenfüchse weg und ist nur ein Cylinder vorhanden im Gewölbscheitel. Die beiden Einsatzthüren *l*, im Scharffeuer *A* und im Verglühfeuer *B*, sind während des Brandes mit verlorenen Mauern

aus feuerfesten Steinen geschlossen, die aussen einen Lehmüberzug erhalten. Die Esse ist mit einer Klappe *r* verschliessbar.

Beginn des Brandes.

Vorfeuer.

Ist der Einsatz beendet, der Ofen vorgerichtet und geschlossen, und soll der Brand beginnen, so bedeckt man die Schüre oben mit einer Thonplatte und zündet ein Feuer auf dem Boden an, zuerst mit kleinerem Abfallholz, und schürt dann mit grobem Holze fort, welches man einfach und wie es kommt in die offene Schüre fallen lässt. Dasselbe geschieht an allen fünf Schüren, und ist darauf zu sehen, dass in regelmässigen Zeitabschnitten in derselben Ordnung in jede Schüre und zwar gleichviel Scheiter nachgelegt werden. Zu dem Ende zieht der Brenner die Platte weg, stösst das Feuer mit der Schürstange zusammen, wirft einige Kloben nach und deckt die Platte wieder auf. Der Zug geht durch das Register *k* in die Schüre und die Flamme reicht, wenn das Vorfeuer in Gang gekommen, durch *b* in den Ofen, aber zunächst nur auf eine kurze Strecke. In dieser Weise und in regelmässigem Umgang um die fünf Schüren fährt man fort während der ganzen Dauer des Vorfeuers. In der ersten Zeit entweicht viel Rauch aus dem Ofen und brennt das Holz noch langsam ab, nach einiger Zeit wird das Holz rascher verzehrt, der Rauch lichtet sich allmählich; nach 5 bis 6 Stunden sieht man durch die Schaulöcher des Verglühfeuers aus dem Cylinder einen rothen Flammenkegel sufsteigen („*der Cylinder geht*“) und durch die Schaulöcher *e*, *e* des Scharffeuers den Inhalt des Ofens allmählich sich erhellen, bis man zuletzt die einzelnen Kapselstösse deutlich unterscheiden kann. Bald darauf fangen auch die kleineren Füchse *d* an zu gehen, es entweicht nur wenig oder kein Rauch mehr, und die Kapselstösse erscheinen in heller Rothglut. Das Vorfeuer ist mit dem Eintritt dieser Kennzeichen beendet. Das Scharffeuer und mit diesem das Schüren mit Spreisseln beginnt. Insofern die Spreisseln nicht in die Schüre eingeworfen, sondern nur in die freie unbedeckte Mündung der Schüre eingeschichtet werden, nennt man das Scharfschüren auch das „*Auflegen*“.

Mit dem Auflegen geht die Schüre vom gewöhnlichen Feuer in das sogenannte „*Pultfeuer*“ mit umgekehrtem Luftzug über und fungirt von da an nach ganz anderen und zwar den bereits für diese Feuerungsart Bd. I, Abtheil. 1, S. 338 geschilderten Grundsätzen. Zu diesem Zeitpunkt sind die Wände der Schüren im Innern in voller hoher Rothglut, der Boden mit einer gegen den Fuchs *c* ansteigenden Lage Kohlenglut bedeckt. Die aufgelegten Spreissel ruhen nur mit beiden Enden auf einem etwa 5 bis 6 Centimeter dicken Mauervorsprunge, liegen also im übrigen frei. In dieser Lage kommt die unterste Schicht plötzlich ins Bereich der von der brennenden Kohlenglut im Grunde der Schüre aufsteigenden Flammen und der strahlenden Hitze der Wände, also in eine Temperatur, welche die der Zersetzungs- und Entzündungstemperatur des Holzes weit übersteigt. Die betroffene Holzschicht zersetzt sich im Nu und unter lautem Geprassel in flüchtige Producte, die sich sofort entzünden, und in einen Kohlenrückstand, der in den Grund des Heerdes hinabfällt. Mit der

Verzehrung der untersten Schicht Spreissel rückt der Stoss abwärts, die nachrückenden Schichten theilen das Loos der ersten; in gleichem Mass als das Holz verzehrt wird, ergänzt man den sinkenden Stoss von oben durch frisch aufgelegte Spreissel. Wie bei einer andern Gelegenheit, bei dem Leuchtgas aus Holz, bereits gelehrt worden, giebt das letztere bei der raschen Zersetzung in so hoher Temperatur nur etwa halb soviel Kohle, aber entsprechend mehr flüchtige Theile und leuchtkräftige Gase, mit anderen Worten eine reiche, mächtige und hellleuchtende Flamme. Dies ist der Hauptzweck dieser trefflichen Feuerung. Der Zug ist während dieses Ganges der Verbrennung ein doppelter. Der Hauptzug geht durch die Zwischenräume der aufgeschichteten Spreissel abwärts, mischt sich mit den entzündeten flüchtigen Produkten und nimmt seinen Weg nach dem Fuchs *c*, Fig. 178 u. 179; zu gleicher Zeit geht ein schwächerer Zug durch das Register *o* über die Kohlenglut *d*, verzehrt einen Theil davon auf seinem Wege und steigt, auf eine höhere Temperatur vorgewärmt, aufwärts nach demselben Fuchs *c*. In diesem Fuchs *c* mischen sich beide Flammenzüge, treten gemeinschaftlich in den Ofen, nehmen die Richtung aufwärts und verbreiten sich darin nach Massgabe der Feuerzüge, welche durch die planmässige Aufstellung der Kapselstösse gebildet sind. Der obere Zug durch die Spreissel

Gang des Scharffeuers.

Fig. 178.

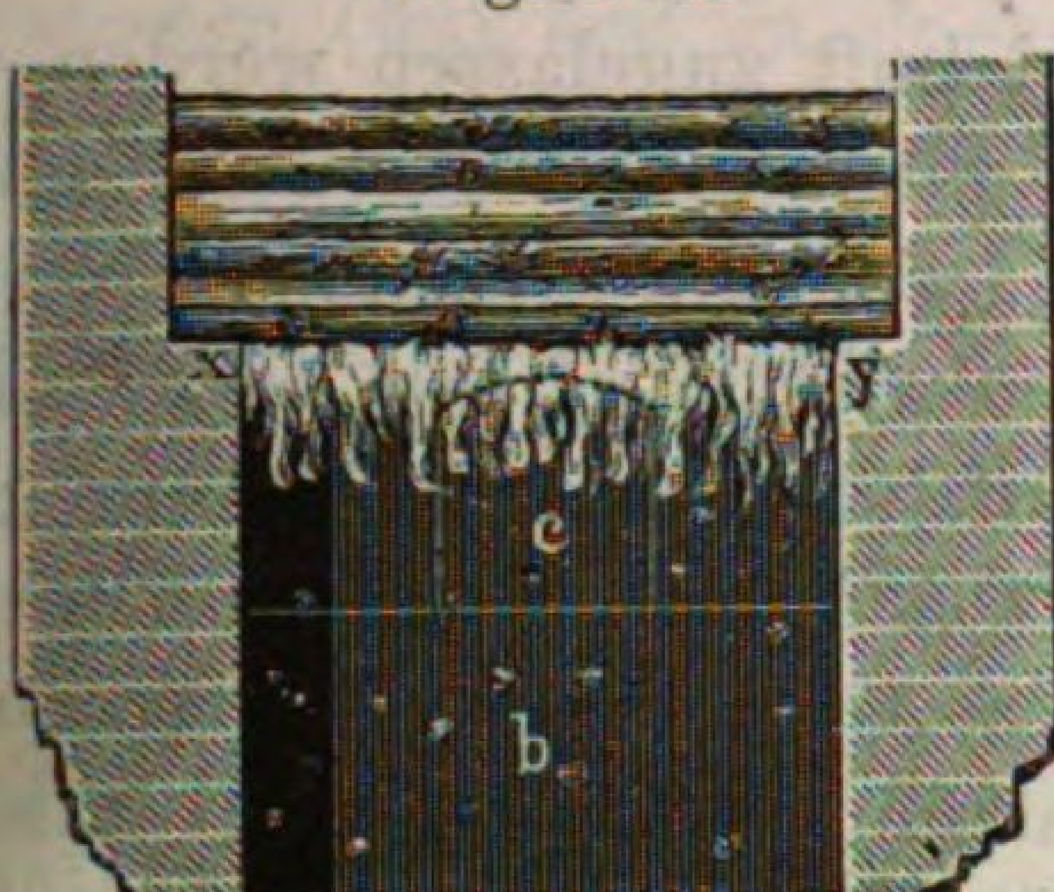
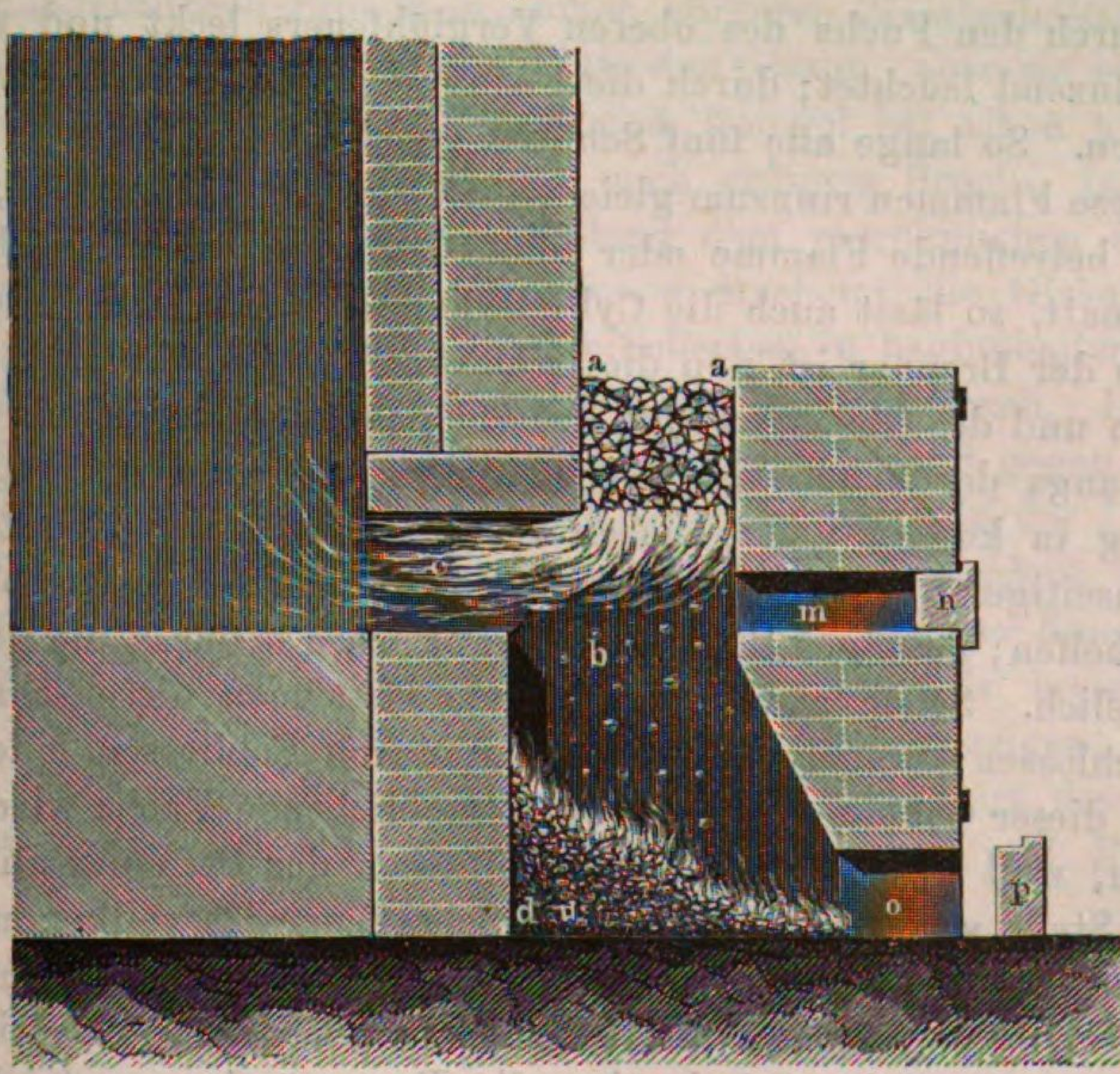


Fig. 179.



Gang des Scharffeuers.

regulirt sich mit der Dicke der aufgelegten Schicht, er mindert sich durch Aufhäufen, er mehrt sich mit dem Sinken derselben, der untere Zug wird durch Rücken des Registersteins *p* geregelt. Die Regulirung des Zuges erfordert besondere Aufmerksamkeit. Denn die Entwickelung der massenhaften flüchtigen Flammenprodukte aus dem Holz entzieht der Schüre eine sehr beträchtliche Menge von Wärme; damit aber die hohe Temperatur derselben, die Grundbedingung des ganzen Feuers, erhalten bleibt, muss ihr in gleichem Masse Wärme zugeführt werden. Die Verbrennung der Flamme reicht dazu nicht aus, weil sie zum beiweiten grössten Theil erst im Ofen erfolgt, vielmehr ist es die Kohlenglut im Grunde der Schüre, von deren Verbrennung der Ersatz ausgeht. Diese Verbrennung wird, wie bemerkt, durch das Register *p* geregelt und wie die Erfahrung gelehrt hat, muss gerade soviel Luft zugelassen werden, dass die auf dem Grund der Schüre liegende Kohlenglut während der ganzen Schürung möglichst gleich bleibt; nimmt sie ab, oder brennt sie ganz weg, so erkaltet die Schüre und die Flammenentwicklung lässt nach, nimmt sie zu, so verstopft sie die Zugöffnung, es entsteht Kohlenanschoppung und das Feuer kommt ebenfalls aus dem Gang. Die Aufgabe und die Kunst des Schürens besteht also im Ganzen darin, das Gleichgewicht zwischen den beiden Zügen und deren Function zu erhalten. Die Wirkung derselben giebt sich nach dem Auflegen sofort durch ein rasches Steigen der Temperatur im Ofen und starken Zuwachs der Flammenmasse zu erkennen, die nun alle Zwischenräume zwischen den Kapselstössen ausfüllt und durch alle Füchse mit Gewalt nach dem Verglühfeuer ausströmt. Aus dem Cylinder steigt ein geschlossener Flammenkegel hoch auf, der oft noch durch den Fuchs des oberen Verglühfeuers leckt und zuletzt hell und glänzend leuchtet; durch die Füchse *d* gehen kleinere etwa fusshohe Flammen. So lange alle fünf Schüren gleichmässig in gutem Gang sind, sind diese Flammen ringsum gleich, bleibt eine Schüre zurück, so schwindet die betreffende Flamme oder bleibt ganz aus; geht das Feuer überhaupt matt, so lässt auch die Cylinderflamme nach. Die zweite Hauptaufgabe der Brenner ist nun die Erhaltung des Gangs der verschiedenen Schüren und des Gleichgewichts zwischen ihnen. Zur Erhaltung des gleichen Gangs der Schüre ist gleichmässiges Auflegen bei regelmässigem Umgang in kurzen und gleichen Zeitabschnitten die Hauptsache. Wo sich einseitiger Nachlass zeigt, ist der entsprechenden Schüre ohne Verzug nachzuhelfen; fleissiges Beobachten der Füchse *d* durch die Oeffnungen *h* unerlässlich. Schon aus diesem Grunde lässt man diese Schauöffnungen unverschlossen; umgekehrt kann man durch Schliessen einer oder der andern dieser Oeffnungen einen zurückgebliebenen Fuchs wieder in Gang bringen, weil sich der Zug durch Schliessen der Oeffnung an der betreffenden Stelle verstärkt. Bei diesem Scharffeuer ist vollkommene Rauchverzehrung, ja es ist sogar dem Schürer kaum möglich, absichtlich Rauch zu erzeugen; zugleich ist die Wirkung in dem Grade mächtig, dass die Flamme leicht einige Schuh über die Essenmündung getrieben werden

kann; sie hat dann eine Länge von 12 bis 15 Meter. Die anfangs rasch gestiegene Temperatur des Ofens ist gegen Ende, weil der Unterschied zwischen ihr und der Temperatur der Flamme immer geringer wird, nur schwer auf die erforderliche Höhe der Gare zu bringen. Dieses letzte Stadium, das „*Ausbrennen*“, kostet in der That unverhältnissmässig an Brennstoff.

Probenziehen und Ausbrennen.

Wenn die Glühfarbe der Kapselstösse sich wenig mehr von der hellleuchtenden Flammenmasse abhebt, wenn es schwer geworden, oder kaum mehr möglich, die Kapselstösse im Ofen mit blossem Auge *) zu unterscheiden und alles als fast gleichmässige blendende Weissglut erscheint, wenn ganz besonders die Schwindung der Kapselstösse eingetreten (was erst in einem spätern Stadium des Brandes stattfindet) und wenn sie ihrem vollen Betrag (10 bis 15 Centimeter) nahe ist oder ihn erreicht hat, — so sind die Kennzeichen der nahenden Gare und damit das Ausbrennen eingetreten. Es ist Zeit, sich von dem Stand der Dinge, d. h. davon Kenntniss zu verschaffen, in welchem Zustande das Porzellan sich befindet und ob dieser in den verschiedenen Regionen des Ofens gleich ist. Zu dem Ende schreitet man zum Probeziehen, zuerst mit den Wächtern, aus jeder Probeöffnung einen. Mit den ersten Wächtern ist der Scherben noch matt, porös, stark saugend und an der Zunge klebend, die Glasur angebacken aber noch ohne Fluss. Je nach Befund, in etwa dreiviertel Stunden oder einer halben Stunde, zieht man den zweiten Wächter (einen dritten hat man in der Regel nicht nöthig) und schreitet, wenn dieser beginnenden Fluss der Glasur zeigt, zum Ziehen der eigentlichen Proben in immer kürzeren Zeitabschnitten. Die ersten zeigen bereits entschiedenen Fluss der Glasur, aber sie ist emailartig, von noch mattem, unvollkommenem Spiegel bei schon härterem, schwerer zu brechendem Scherben mit noch erdigem Bruch. In diesem Zeitpunkt gleicht das Porzellan auffallend dem gewöhnlichen Steingut oder Fayence. Mit den folgenden Proben erscheint die Glasur schon glatt, glänzend und durchsichtiger, der Scherben in beginnendem Fluss, Anfang der Sinterung, mit noch mattem und ebenem Bruch. Das Porzellan zeigt in diesem Stadium eine grosse Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel, so dass die Probescherben beim Abkühlen in der Luft von selbst springen und Stücke wegfliegen. Diese Empfindlichkeit verwandelt sich mit den letzten Proben, wenn der vollkommene Spiegel der Glasur und der ausgebildete Schweiss mit dem nunmehr muscheligen Bruch des Scherbens und seine Festigkeit die Gare anzeigen, in das Gegentheil. Der Brand ist zu Ende, man lässt den Rest des Holzes niederbrennen und schliesst die Schüren mit Deckel und Registerstein **).

*) Mit Hülfe von blauen Brillen ist dies durch Wegfall der Blendung leicht.

**) Nach einer den Brennern bekannten Thatsache, die hier angemerkt zu werden verdient, erscheinen die Gegenstände (Kapseln, Stützen u. dergl.) im

Kommen die Proben ungleich, so ist an der zurückgebliebenen Seite schleunigst nachzuhelfen. Sehr gewöhnlich ist dies bei der Eingangsthür der Fall, deren dünnere und schlechter schliessende verlorene Mauer zuviel Abkühlung verursacht. Zwei bis drei Probenzüge sind meist hinreichend, auch empfiehlt es sich zuletzt, ein Stück Waare, eine Tasse und dergleichen, zu ziehen. Das gare Porzellan ist im Ofen so weich, dass es sich beim Fassen mit der Zange verbiegt; es erscheint, wenn es aufgehört hat zu glühen, aber noch heiss ist, citronengelb, erst mit dem Abkühlen weiss. — Das Scharffeuer nimmt mehr Zeit in Anspruch, als das Vorfeuer, wenigstens 8 bis 9 Stunden, in manchen Fabriken doppelt so lang und mehr, so dass auf den ganzen Brand von Anfang an mindestens 14, öfter 20 bis 24, selbst 30 bis 48 Stunden kommen. Die Brennzeit richtet sich theils nach der Grösse der Oefen, theils bei gleichen Oefen nach besonderen Umständen, wie Stellung des Ofens im Brennhaus u. s. w., so dass von zwei gleichen Oefen oft der eine regelmässig 2 bis 3 Stunden länger braucht als der andere; ferner ist sie bedingt von der Leicht- oder Strengflüssigkeit der Waaren, von der Beschaffenheit des Holzes und endlich ganz besonders vom Herkommen und Gewohnheit. Viele Praktiker halten grosse Stücke auf langsames Brennen in Bezug auf Sicherheit des Erfolges, nicht mit Unrecht, aber doch mit Uebertreibung. Weit einflussreicher ist Gleichmässigkeit, Vermeiden von kurzen Stichflammen u. s. w.

Dauer des Brandes. Holzverbrauch.

Mit der langen Dauer des Brandes wächst natürlich der Aufwand an Brennstoff. Die Oefen von 3,5 Meter Durchmesser in Nymphenburg brauchten in 14 bis 18 Stunden Brennzeit zwischen 6,25 und 8,80 bair. Klafter Fichtenholz, entsprechend 140 bis 200 Centner, im Durchschnitt 8 Klafter (184 Centner), davon 2,6 Klafter grobes Holz im Vor- und 5,4 Klafter im Scharffeuer. Der Holzverbrauch ist bei kleinen Oefen verhältnissmässig viel grösser; z. B:

	Ofen I.		Ofen II.	
Durchmesser	2,3		3,5	Meter
Verhältniss des kubischen Inhaltes des Scharffeuers	1	:	2,45	„
Holzverbrauch	4,28		8,3	„
Holzverbrauch für gleichen Inhalt . .	10,49		8,13	„

Auf 1 Centner Einsatz (Porzellan, Kapseln und Zubehör) kommt etwas mehr als das gleiche Gewicht Holz, in Nymphenburg z. B. 1,16 Centner, in Sèvres nach Brogniart 1,03 Ctr.; auf 1 Ctr. Porzellan der bedeutende Betrag von 18,6 Ctr. Holz an beiden Orten.

hochglühenden Ofen, wenn man durch die Schaulöcher blickt, stark vergrössert, so dass man Gefahr läuft, Desserttellerkapseln für Teller-, Tassenkapseln für Desserttellerkapseln zu halten. Der Grund liegt offenbar in der verschiedenen Dichte und Brechbarkeit der Luftschichten, durch welche die Lichtstrahlen hindurch gehen müssen, bis sie ins Auge des Beobachters gelangen.

Brand mit Steinkohlen.

Bei der Feuerung mit Steinkohlen kommt es zunächst auf die Wahl des Brennstoffs an: backende Kohlen mit möglichst langer Flamme, mit wenig und nicht leicht verschlackender Asche sind vorzuziehen. Die Kohle soll Stückkohle, nicht Kohlengrus sein, der regelrechtes Schüren und die Leitung des Feuers zu sehr erschwert; mit nassen Kohlen zu schüren ist nachtheilig, höchstens gelindes Anfeuchten zur Verhinderung des Stäubens ist zulässig. Das Brennen der Steinkohle lässt sich nicht in der Art wie beim Holz schon durch die Construction der Schüren bestimmen und regeln, auch beruht bei Steinkohlen das Scharffeuern nicht auf einem ganz andern Princip des Schürens wie das Vorfeuer, sondern ist nur ein intensiveres Vorfeuer. Allgemeines.

Der richtige Gang des Brennens mit Steinkohle ist daher weit mehr in die Hand des Schürers, in seine Fertigkeit und Erfahrung gelegt, als bei Holz, es lässt sich übrigens mit Steinkohle ein eben so schönes Porzellan und nach den jetzigen Preisen viel billiger als mit Holz brennen. Dass Steinkohle einen höhern Hitzgrad im Porzellanofen gäbe als Holz, ist ein gewöhnliches Vorurtheil der Praktiker; im Gegentheil leiden die Kapseln bei Holzfeuer im Allgemeinen mehr und erfolgen mehr Beschädigungen als bei Steinkohle. Dagegen neigt Steinkohle mehr zu einem unfrischen gelblichen Stich der Waare, wenn es an angemessener Behandlung des Feuers fehlt.

Die Einrichtung des eigentlichen Ofens bleibt bei Steinkohle dieselbe wie bei Holz, auch die Erscheinungen und Veränderungen der Waare während des Brennens bleiben dieselbe. Das wesentlich Abweichende liegt in der Einrichtung der Schüren, welche wiederum zu fünf und mehr an dem Umfang des Ofens symmetrisch vertheilt liegen. Die Steinkohle verlangt stets Brennen auf dem Roste ohne Ausnahme, die Rostfläche muss hinreichend gross sein, um die erforderliche Flammenmasse zur Füllung des Ofens zu liefern. Eine sehr zweckmässige und bewährte Form ist die von Thoma angegebene, in Thüringen übliche, eines fünfschürigen Ofens, Fig. 180 und Fig. 181 (a. f. S.). Der Ofen.

A ist ein Theil des mit Kapselstössen besetzten Brennraums, *a* die Sohle desselben, *D* das Ofenfundament, *C* das Gewölbe über der Schüre. Die Schüre bildet sonach eine unter die Ofensohle versenkte Grube mit einem unter 50 Grad geneigten sogenannten „*Hängerost*“. Die Roststäbe *d* ruhen mit dem obern Ende vermittelst einer Hohlkehle auf dem eingemauerten Rundeisenstab *e*, mit dem untern senkrecht abgebogenen Ende an der Eisenplatte *f*, an die sie anlehnen. Das Ofenfundament *D* mit seinem feuerfesten Futter *g*, dem Rost gegenüber, dient als Rückwand des Feuers; die Feuerung bildet damit eine dreieckige, nach oben trichterartig erweiterte Vertiefung *E* unter dem Gewölbe *C* der Schüre, die mittelst des Fuchses („*Schlundlochs*“) *nn* mit

Fig. 180.

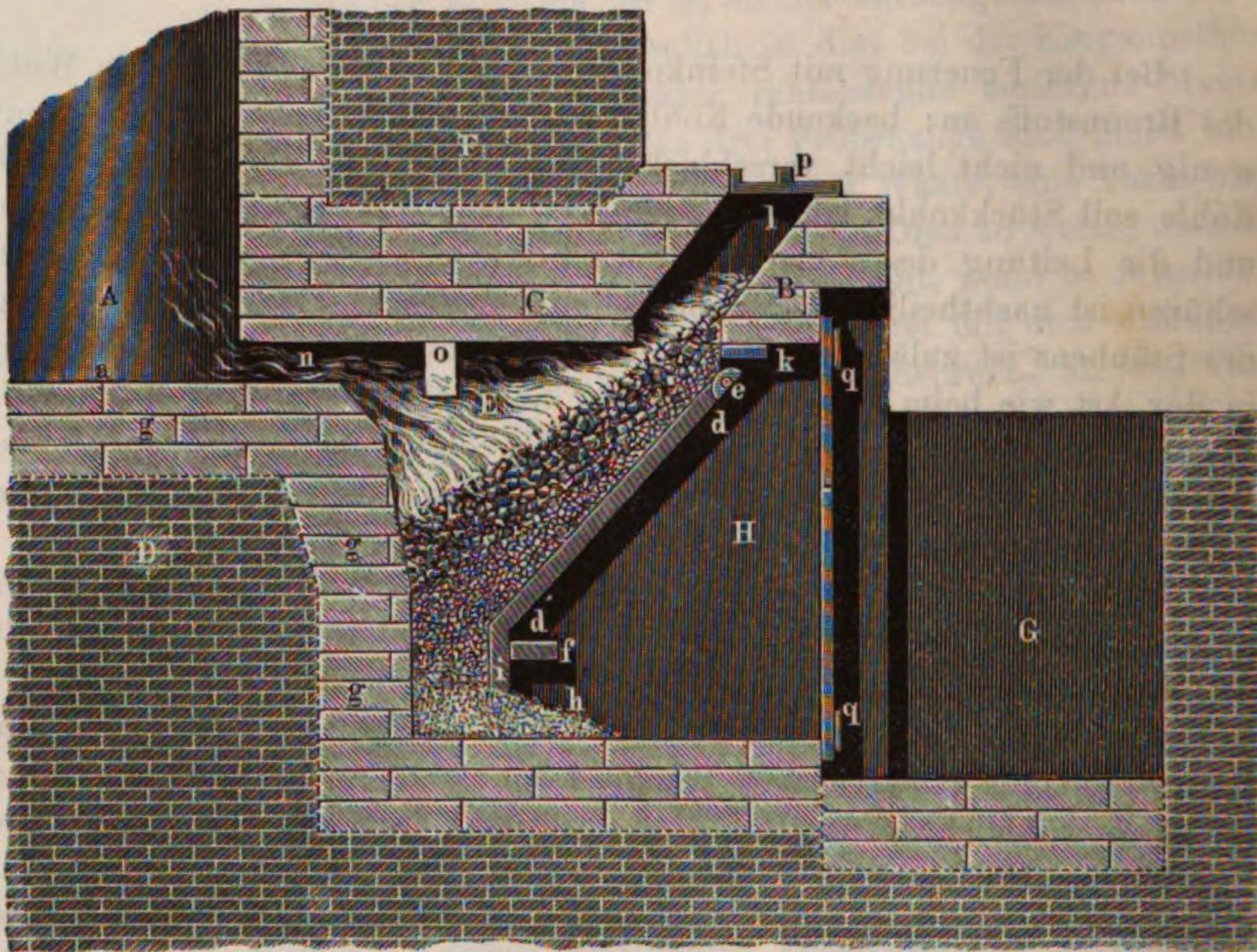
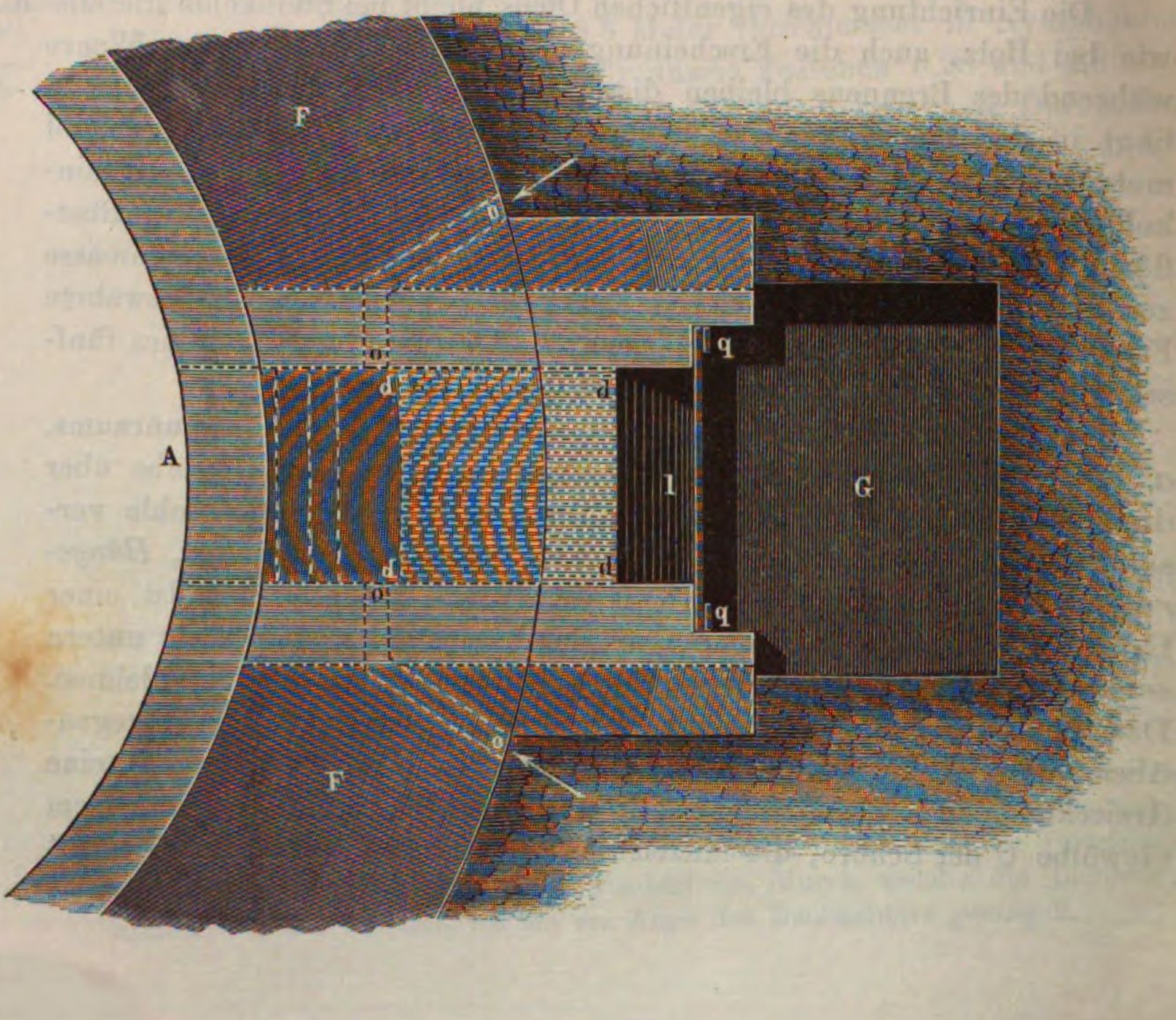


Fig. 181.



dem Brennraum oder Ofen in Verbindung steht. Dem Fuchs *n* gegenüber, nach vorn, ist in gleicher Neigung mit dem Roste die Oeffnung *l* mit dem eisernen Deckel *p* zum Einbringen der Kohlen angebracht; sie liegt also zwischen dem Mauerleib *F* des Ofens und der auf der eisernen Tragplatte *k* ruhenden Vormauer *B*. Der freie Raum *H* auf der Rückseite des Rostes, durch welchen die Luft zu dem letztern gelangt, ist mit einer eisernen der Höhe nach zweitheiligen Flügelthür *q* zum Reguliren des Zugs versehen; von diesem Raume *H* und der daranstossenden Vorkammer *G* aus geschieht die Bedienung des Rostes, Niederstossen der Kohle, Aufräumen von Schlacken und Asche u. s. w. Der untere verengte Theil der Feuerung öffnet sich bei *h* nach der Kammer *H*. Aus dieser Oeffnung *h* schafft man die überschüssige Asche aber nur soweit heraus, dass die Oeffnung stets bis auf die Höhe *i* geschlossen bleibt. Um in den späteren Stadien des Brandes, wenn die Hitze der Schüre schon hoch gestiegen, die sich rascher zersetzende Kohle in möglichst vollständiger Verbrennung zu erhalten, sind die zu beiden Seiten einmündenden engen Luftcanäle *o* dicht unter dem Gewölbe *C* angebracht. — Die Länge des Rostes ist 0,78 Meter, die Breite 0,63 Meter, die Oberfläche also 0,49 □Meter bei einer Höhe des Scharffeuers von 2,27 Meter und einem Durchmesser von 3,08 Meter. Der Ofen ist in allen wesentlichen Stücken von der Einrichtung des vorigen nur mit zwei Verglühfeuern und im Gewölbe des Scharffeuers mit 15 Füchsen, in zwei Ringen um den Cylinder herum symmetrisch vertheilt; der äussere Ring an der Umfangsmauer mit 10, der innere Ring zwischen Umfangsmauer und Cylinder mit 5 Füchsen. Der Ofen.

Der Brand beginnt mit dem Anzünden von Holzfeuer am untern Theile des Rostes, und Aufschütten von Kohle auf das in vollen Brand gekommene Holz. Dabei sind die seitlichen Luftlöcher *o* und die oberen Flügel der Thür *q* der Vorkammer geschlossen. Sind die aufgeschütteten Kohlen in Brand, so beginnt das Schüren, wobei man sich eines Kohlenmasses bedient, denn es ist im Allgemeinen gut, jeder Schüre in gleichen Zeitabschnitten, etwa alle vier Stunden, gleichviel Kohle zu geben. Beim Aufgeben der Kohle ist ihrer besondern Natur Rechnung zu tragen. Wie alle Brennstoffe, so wird auch die Steinkohle vor allen Dingen im Feuer zersetzt; die flüchtigen Produkte gehen als Flamme weg, der Kohlenrückstand verbrennt als Koke. Diesem Verhalten entsprechend ist es Regel, frische Kohlen erst dann aufzugeben, wenn die auf dem Rost befindlichen zu Koke geworden, d. h. die frischen Kohlen nur auf die Kokeglut, nicht auf den nackten Rost zu schütten. Zugleich hält der Schürer die frischen Kohlen mehr auf dem obern, die Kokeglut mehr auf dem tiefern Theile des Rostes, so dass die abgebrannten Kohlen zu unterst, die in vollem Brand begriffenen in der Mitte, die sich entzündenden zu oberst bis in den Fülltrichter *l* zu liegen kommen und die gesammte Rostfläche mit Kohlen bedeckt ist. Vor dem jedesmaligen Aufgeben stösst man die Kohlen auf dem Roste mit der Schürstange zusammen, so dass die obere vorgewärmte und sich erst entzündende Lage Vorfeuer.

in einem gewissen Masse auf die Kokeglut hinabrutscht; den frei gewordenen obern Raum nehmen dann die frisch aufgegebenen Kohlen ein. So geht die Unterhaltung des Feuers ihren regelmässigen Gang, wobei auf möglichst langsame Steigerung Bedacht zu nehmen ist. Je nach der Grösse des Ofens in 2 bis 3 Stunden wird der Feuerschein durch die Schaulöcher sichtbar und es ist Zeit, die seitlichen Luftlöcher *o* der Schüre, einstweilen aber nur zur Hälfte, zu öffnen. Man fährt mit Schüren nach den angegebenen Regeln fort, indem man stets darauf hält, dass der Ofen so viel als möglich mit Flammen und zwar mit leuchtenden Flammen gefüllt ist und nur dünner grauer Rauch aus der Esse entweicht. Diese Beschaffenheit des Feuers hängt wesentlich davon ab, dass beim jedesmaligen Nachschüren eine bestimmte Menge unverbrannter Kohle auf die Koksglut heruntergestossen wird. Ist zu viel Kohle herabgekommen, so sieht man dicken Rauch als schwarze Streifen im Ofen und als schwarzen Qualm aus der Esse kommen; hat der Rost Mangel an Kohlen und ist er nur mit Koksglut bedeckt, so schwindet die Flamme im Ofen ganz und man erblickt durch die Schaulöcher nur die stummglühenden Kapselstösse. Beide Extreme sind gleichmässig zu meiden. Von Zeit zu Zeit verlegt die sich ansammelnde, theilweise auch an den Roststäben durch Verschlacken anhaftende Asche den Rost, so dass eine Reinigung — zuweilen nur ein Mal, oft vier Mal während des Brandes — nothwendig wird. Diese Reinigung wird mit allen fünf Schüren nach der Reihe, aber nicht unmittelbar, sondern in grösseren Zwischenzeiten hinter einander vorgenommen, weil sonst die damit verbundene Abkühlung zu fühlbar wird; sie muss ferner so vorgenommen werden, dass zwar Asche und Schlacke entfernt, aber das Feuer möglichst wenig gestört und verworfen wird. Hat man das Uebermass der Asche aus der Vorkammer entfernt, den Rest der Asche wieder so angeschoben, dass die Oeffnung zum Ziehen der Asche bei *h* wieder geschlossen ist, so klappt man auch die zum Zwecke des Reinigens geöffneten oberen Flügel der Thür *q* wieder zu und fährt mit Schüren fort.

Scharffeuer. Wenn die Kanten der Kapseln anfangen weiss zu glühen, so ist die Periode des Scharffeuers eingetreten. Das Schüren geht fast im Wesentlichen fort wie bisher, mit dem Unterschied jedoch, dass man zunächst die seitlichen Züge *o* ganz öffnet und von da ab mit gesteigerter Aufmerksamkeit und Sorgfalt auf möglichst vollständige Füllung des Ofens mit Flamme, sowie auf Vermeidung des stummen Glühens und des Rauches zu halten hat. Ebenso regelmässiges aber häufigeres Nachlegen jedesmal mit mässigem und bemessenem Nachstossen und Aufgeben von Kohle, Erhaltung der Kohlenlage auf dem Rost in gleich dicker Schicht (oben etwa 15, unten etwa 26 cm), sowie fleissiges Beobachten der Schaulöcher sind es, worauf es ankommt. Der Schürer darf kaum Zeit verstreichen lassen von einer zur andern Schüre, die Arbeit steigert sich zu fast ununterbrochener Bedienung der Reihenfolge nach. Ist die Glühfarbe im Ofen blendend geworden und weiss, so dass es schwer wird die Gegen-

stände im Ofen zu unterscheiden, dann ist es Zeit, mit dem Ziehen der Proben zu beginnen, und sobald sie einstehen oder vollen Fluss in Glasur und Scherben zeigen, auszubrennen. Zu dem Ende giebt man ringsum in jeder Schüre noch einmal Kohle nach, dass sie bis in den Fülltrichter liegen, schliesst die seitlichen Luftzüge *o* und lässt die Kohle ruhig abflammen. Wenn nur noch Kokes auf dem Roste liegen und der Boden der Vorkammer *F* sich nur noch dämmerig beleuchtet zeigt, schliesst man auch die unteren Flügel der Thür *q* und lässt den Ofen ruhig verkühlen. Die Dauer des Brandes und der Kohlenverbrauch stellen sich bei Oefen verschiedener Grösse wie folgt (zur Vergleichung sind die Ergebnisse beigesetzt, wie sie früher bei Holzbrand stattfanden): **Dauer und Kohlenverbrauch.**

Durchmesser des Ofens	Steinkohlenbetrieb:		Holzbetrieb:	
	Dauer des Brandes	Brennstoff-verbrauch	Dauer des Brandes	Brennstoff-verbrauch
Meter	Stunden	Centner	Stunden	Klafter
1,77	8 bis 9	14	18	6
3,14	10	38,5	—	10
3,45	11	45	—	—
3,76	15 bis 16	46	über 30	—

Die Ersparniss an Brennstoff ist bei Steinkohlen sehr bedeutend. Rechnet man bei den Oefen von 3,45 Meter Durchmesser das Gewicht des Einsatzes an Zubehör und Porzellan zusammen (nach oben) zu 160 Ctr., so stellt sich der Steinkohlenverbrauch auf

1 Gew.-Thl. des gesammten Einsatzes zu 0,28 Gew.-Thln. St. Kohle,
1 „ „ Porzellan des „ „ 4,50 „ „ „

gegen 18,4 Gew.-Thle. Holz auf 1 Gew.-Thl. gargebranntes Porzellan, d. h. vier Mal so viel.

Für die kleineren Oefen rechnet man für die Höhe des Scharffeuerraumes im Gewölbscheitel 1,5, bei grossen 2,0 Meter und zwar bei fetten Kohlen, bei mageren etwas weniger.

An einigen Orten hat man bei sonst gleich eingerichteten Schüren statt der Hängeroste nur ganz schwach geneigte oder wagerecht liegende Roste. Die letzteren sind schwerer zu bedienen, das Nachschieben der Kohlen ist schwieriger und wegen der stärkeren Rückstrahlung auch stärkere Erhitzung des Rostes von unten, wodurch die Asche mehr zu der so lästigen Verschlackung neigt.

Wie feststehende vielfache und dauernde Erfahrung lehrt, lassen sich in Oefen, wie die beiden beschriebenen, ohne Schwierigkeit gelungene Brände mit aller Sicherheit erzielen. Wo dies nicht zugetroffen,

liegt die Schuld entweder an mangelhaftem Schüren oder noch wahrscheinlich an fehlerhaften Grössenverhältnissen der einzelnen Theile des Ofens, vor allem der Schüren zum Brennraum, sowie der Verbindungskanäle zwischen beiden, als den am meisten entscheidenden Momenten. Sind die Füchse von der Schüre zum Brennraum zu eng, so lähmen sie den Zug und verlängern die Flamme über Gebühr, die Flamme neigt zum Rauchen, der Brand zieht sich in die Länge; sind diese Füchse zu weit, so verkürzt sich die Flamme, es bilden sich die der gleichförmigen Gare und den nächstliegenden Kapselstössen so gefährlichen Stichflammen. Allgemein gültige Regeln lassen sich übrigens in dieser Beziehung nicht geben, weil die fraglichen Verhältnisse zunächst von der Beschaffenheit des Brennstoffes und sonstigen lokalen Umständen bedingt sind; durch genaue Beobachtung des Feuerganges wird man aber nach einigem Ab- und Zugeben leicht das richtige finden. Zu den schwierigen lange Erfahrung erfordernden Operationen gehört das Brennen des Porzellanbrandes immerhin, namentlich was die gleichförmige Wirkung anbelangt. Indem die Flamme ihrer Natur nach stets in der Richtung des Zuges, also auf dem kürzesten Wege nach oben strebt, wird sie immer geneigt sein auf die am Boden und in der Mitte des Brennraumes befindliche Waare schwächer zu wirken. Aus diesem Grunde ist es vortheilhaft, neben der gewöhnlichen noch eine etwas leichtflüssigere Masse zu halten für diese Stellen. Auch durch besondere Ofenconstructionen hat man vielfach versucht, diesen Uebelstand zu heben, hat aber dabei nur allzusehr gegen den ersten Grundsatz, Einfachheit des Feuerbaues, verstossen.

Besondere Ofenconstruction. So hat man die Flamme von den Schüren mittelst Kanälen unter der Sohle des Ofens durch nach der Mitte des Ofens geleitet und lässt sie im Centrum des Brennraumes durch ein weites Loch eintreten. Nachdem sie sich durch den Ofen ausgebreitet, wird sie an der Umfangsmauer durch rings am Boden vertheilte Schlucklöcher aufgenommen und durch ebenso viele senkrechte Kanäle in dieser Wand nach dem Verglühraum geführt (Venier).

Brand mit Braunkohle.

Braunkohlen sind wohl ebenso lange im Gebrauch zum Porzellanbrand als Steinkohlen, aber doch nur auf Orte beschränkt, die sich besonders auf diesen Brennstoff hingewiesen sehen. Am frühesten fing man damit an in Meissen, aber mit Holz gemeinschaftlich, dann folgten verschiedene böhmische Fabriken; in Schlaggenwald brennt man Braunkohlen mit 10 Proc. Asche, $4^1/_2$ Proc. Wasser und 2·8 Proc. Schwefel. Die Oefen sind natürlich nach Art der Steinkohlenöfen einzurichten.

Brand mit Gasfeuerung.

Bei einer so empfindlichen, werthvollen und schwierigen Waare wie Porzellan ist man natürlich zaghaft mit der Einführung der neuesten

Fortschritte im Feuerungswesen, so sehr man sich auch auf die Ersparniss an Brennstoff hingedrängt sieht. Erst ganz neuerlich ist daher, und zwar in der königl. Porzellanmanufactur zu Berlin, der Versuch mit Gasfeuerung unter günstigen Ergebnissen gemacht worden.

Die Brandausnahme.

Verkühlen des Ofens.

Der gesammte Inhalt des Scharffeuers ist bei dem Schluss des Brandes weissglühend und umfasst in diesem Zustande einen ungeheuren Vorrath von Wärme. Nimmt man das Gewicht des Einsatzes (160 Ctr.) mit der ebenfalls auf die Weissglut zu bringenden innern Schicht der Ofenwand (100 Ctr.) zusammen zu 260 Ctr., die specif. Wärme desselben zu $^1/_4$ von der des Wassers und die Temperatur beim Ausbrennen zu 2000° C. an, so entspricht dieser Wärmevorrath 1300 Ctr. Wasser von 100° C. Zu diesem schon so grossen Wärmevorrath kommt noch die ganze Wärmemenge, die während des Brandes mit den Verbrennungsgasen entweicht. Für den Brand selbst sind beide als Verlust zu betrachten, der hier wie bei allen Glühoperationen ungeheuer ist. Die Ausnutzung der verlorenen Wärme, die jedoch schwierig ist und vieles zu wünschen übrig lässt, ist durchgehends doppelter Art. Zunächst bestreitet man damit das Verglühen der Geschirre in den Räumen unmittelbar über dem Scharffeuer, sei es im einfachen oder im doppelten (zweistöckigen) Verglühfeuer. Die andere Verwendung der abfallenden Wärme ist zum Trocknen der Waare und der Kapseln, und schon aus diesem Grunde hat man gern ein drittes Stockwerk und stellt den Ofen so, dass er durch die Werkstätten der Dreher hindurch gehend, den Arbeitern bequem zur Hand ist. Durch beide Mittel wird nur ein geringer Theil des Verlustes eingebracht. Die Hindernisse sind der periodische Gang (also das zeitweise Kaltstehen des Ofens), die Nothwendigkeit alle Räume des Ofens während des Brennens zu schliessen und die hohe Temperatur. Wollte man den Ofen nach dem Ausbrennen so langsam und in dem Schritte erkalten lassen, wie die Wärme beim Trocknen verbraucht wird, so würde noch mehr an Zeit und raschem Umschlag der Fabrikation verloren. In der kalten Jahreszeit lässt sich auch die Heizung der Lokale, selbst der entlegeneren durch Röhrenleitung aus der im Verkühlen des Ofens abziehenden Hitze bestreiten. Immerhin ist man genöthigt, den Ofen so rasch abzukühlen, dass man etwa am dritten Tage ausnehmen kann. Unmittelbar nach dem Ausbrennen pflegt man den Deckel der Esse zu schliessen, namentlich um das Nachbrennen der Waare am Boden und in der Mitte zu befördern. Am folgenden Tage öffnet man diesen Deckel, nimmt die Schürplatten ab und lässt den vollen Zug durch den Ofen. Am dritten Tage ist der Einsatz so, dass man ihn wenigstens mit Handschuhen anfassen kann, die Vermauerung der Thür wird entfernt und die Brandausnahme beginnt.

Die nach dem Verglühen graue oder gelbe Farbe der Kapseln erscheint nach dem Scharfbrande aufgedunkelt, an den weniger heissen

Stellen mehr hell, an den heissesten Stellen hell- bis dunkelbraun. Ist der Brand regelrecht verlaufen, so stehen die Stösse aufrecht unverrückt und bis auf die Schwindung unverändert. Ist der Brand weniger günstig ausgefallen, so stehen die Stösse — namentlich bei den Schüren — schief, mehr oder weniger gegen die Schüren geneigt. Bei ganz ungünstigem Brande erscheinen die Kapseln tiefbraun bis eisengrau (ein schlimmes Zeichen), ausgebaucht, die Seitenwände eingeknickt, ineinander gesunken und aufeinander gebacken, die Waare ist alsdann natürlich verloren. Bei zu ungleichem Brande findet man die Stösse in der Mitte unvollkommen geschwunden, zu hell in der Farbe; die Waare ist nicht ausgegangen und das nächste Mal wieder einzusetzen. Auch bei gutem Brande haften die Kapseln etwas aneinander; ein leichter Schlag mit einem hölzernen Hammer genügt, sie zu lösen, worauf man sie zunächst satzweise, je eine Traglast, aus dem Ofen trägt und vor dem Ofen entleert.

Die gebrannte Waare.

Gewichtsverlust der Waare.

Die eingesetzte Waare erscheint nach dem Scharfbrande von Grund aus verändert. Sie ist aus einer matten, erdigen, weiss- oder gelbgrauen, stark saugenden, in eine zwar nicht porenfreie aber dichte nicht mehr saugende, harte, feste Masse mit schweissigem muscheligen Bruch *) und spiegelnder Glasur und einer mehr oder weniger milchweissen Farbe übergegangen, wobei sie einen Verlust an Gewicht und eine bedeutende Schwindung erleidet. Der Gewichtsverlust rührt davon her, dass der plastische Bestandtheil des Kaolins sein gebundenes Wasser, der in der Porzellanmasse enthaltene Kalk seine Kohlensäure, der Gyps sein Wasser und seine Schwefelsäure abgiebt. Der Gewichtsverlust ist daher je nach der Beschaffenheit des Kaolins und der Mischung der Masse verschieden. Er findet theils schon im Verglühfeuer statt, wo der Kaolin sich bereits brennt, theils erst im Scharffeuer. Scharf getrocknetes Nymphenburger Porzellan (aus Kaolin von Passau, Marmor und Quarz) verlor im Ganzen 9,3 bis 11,3 Proc. seines Gewichtes; im laufenden Betriebe ist jedoch der Gewichtsverlust höher, weil die Waare niemals absolut trocken ins Feuer kommt.

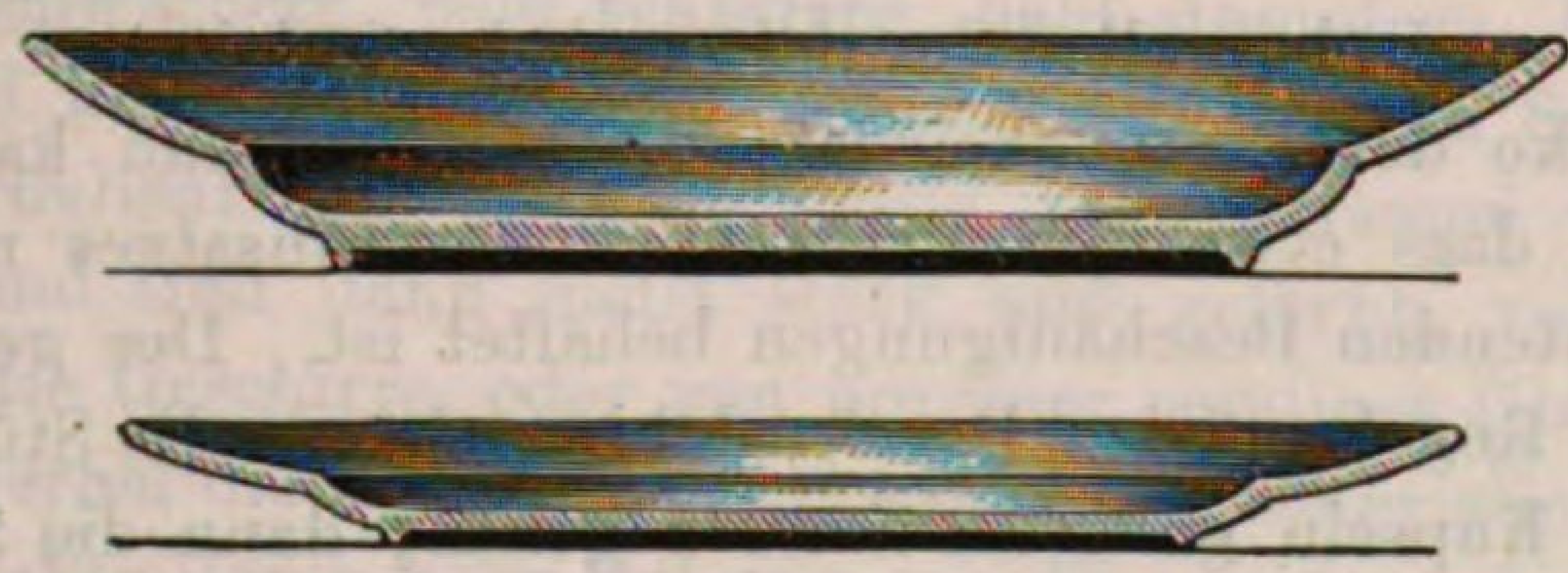
Schwindung.

Die Aenderungen in den Grössenverhältnissen sind grösstentheils Folge der Schwindung, welche beim Porzellan doppelter Natur, nemlich aus der Schwindung des sich brennenden Thonbestandtheils und der Schwindung durch Sinterung oder Fluss der Masse im Ganzen, zusammengesetzt ist. Im Verglühfeuer brennt sich zwar der Kaolin so weit, dass er sein Wasser verliert, aber die Temperatur reicht dazu nur eben hin und die Schwindung ist unmerklich. So betrug der Durchmesser eines Desserttellers vor dem Verglühen 244 mm, nach dem Verglühen 241 mm,

*) Ein körniger, dem des Hutzuckers ähnlicher Bruch, beweist eine schlechtgemahlene zu grobe Masse.

die Schwindung ist also wenig über 1 Proc.; nach dem Glattbrennen war der Durchmesser noch 225 mm, die Schwindung also beinahe 8 Proc. Schon das blosse Augenmass zeigt aber, dass die Schwindung ein und desselben Gegenstandes nach verschiedenen Dimensionen sehr ungleich sein kann: bei demselben Dessertteller betrug die Höhe des Randes vor dem Brande 51 mm, nach dem Glattbrande 26 mm, also die Abnahme der Höhe fast 48 Proc. (Fig. 182). Diese Abnahme ist in der That nur Schwindung.

Fig. 182.



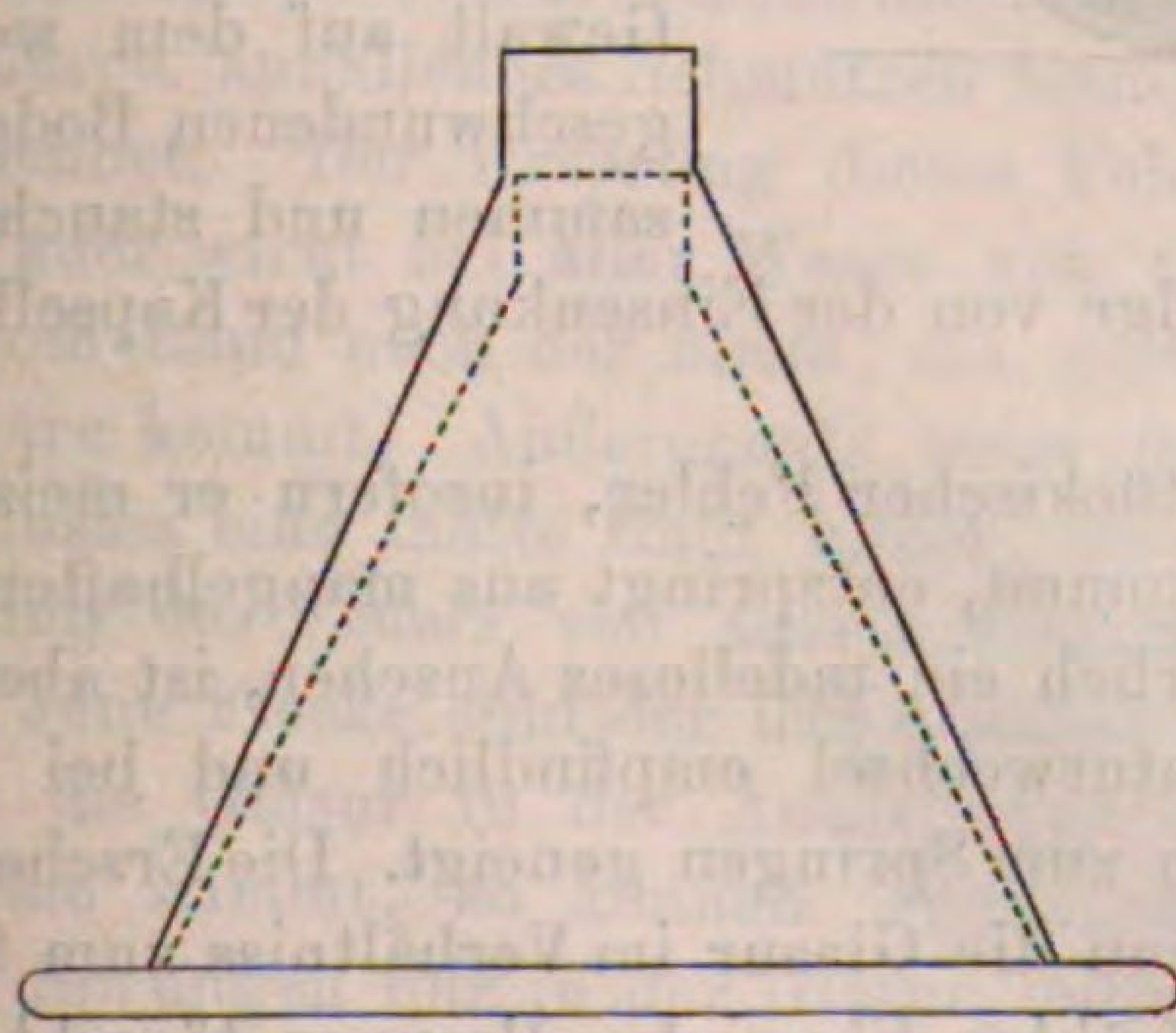
zum kleinern Theile Schwindung, zum grössten Theil Senkung des erweichten Porzellans durch die Schwere. Bei Tellern und runden Platten ist diese Senkung rundum gleichmässig. Dagegen senken sich bei allen ovalen Platten nur die Ränder der langen Seiten durch ihr Uebergewicht, während die leichteren Ränder der kurzen Seiten steigen (Fig. 183). Diese Senkung macht sich stets mehr oder weniger geltend, je nachdem ihr die Form der Waare Vorschub leistet; ein Milchtopf schwand z. B. in der Weite 6,6, in der Höhe aber 12,8 Proc. Ein Trichter hat nach dem Brande einen bedeutend stumpfern Winkel, wie Fig. 184 zeigt, wo die

Fig. 183.



punktirte Linie den Trichter nach, die ausgezogene Linie denselben vor der Schwindung zeigt. Die Schwindung hängt natürlich für gleiche Formen und Massen vom Feuersgrade ab und ist auch insofern für verschiedene Theile eines Stückes ungleich, als diesselbe je nach ihrer Lage bald mehr bald weniger der Glut ausgesetzt sind. Hervorragende Theile schwinden darum stärker, rechte Winkel von viereckigen Platten stumpfen sich ab u. s. w. Man begreift, dass die Angaben über den Betrag der

Fig. 184.



Schwindung.

Schwindung des Porzellans so verschieden ausfallen; nach Brogniart ist sie bei dem Porzellan von Sèvres in weitesten Grenzen 7 bis 17 Proc., in engern Grenzen 10 bis 15 Proc. Dass auch die Behandlung beim Formen Einfluss hat, je nachdem die einzelnen Theile eines Stückes ungleichen Druck erleiden, ist schon beim Abschnitt über das Formen S. 309 auseinander gesetzt. Damit hängt auch wohl die Bewegung nach den Schneckenlinien vom Drehen zusammen, welche Porzellankörper im Feuer machen, wenn sie unvorsichtig aufgedreht werden; bei Obertassen sieht man aus diesem Grunde die Henkel oft aus der senkrechten Lage verschoben.

Fehler der Waare.

Niemals, auch bei aller Sorgfalt und bestgeleitetem Brande, findet man alle Stücke des Porzellaneinsatzes gelungen, man kann im Gegentheil rechnen, dass etwa der vierte Theil des Einsatzes mit mehr oder weniger bedeutenden Beschädigungen behaftet ist. Der geringste Betrag kommt in der Regel auf den Bruch; dahin gehören die Stücke, die durch Eingehen der Kapseln ganz zu Grunde gehen; dann die Stücke mit bedeutenderen Brandrissen, die meist vom Trocknen herrühren und im Feuer durch die Schwindung erst klaffend werden; endlich die hier und da an der Kapselwand anschmelzenden Stücke. Weit beträchtlicher der Zahl nach sind die durch Verbiegung und Verwerfung, durch Schwindung und Nachgeben der Unterlage, aus der richtigen Form gerathenen Stücke. Als Fehler sind solche Formveränderungen nur anzusehen, wenn sie über das vorausberechnete Mass hinausgehen (der Rand der Teller z. B. convex abwärts gebogen ist, Fig. 185), wenn die Symmetrie der Form gelitten hat, oder die Stücke durch Krümmung des Fusses nicht mehr feststehen. Ein stehender, übrigens nur leichterer Fehler dieser Gattung ist die wellenförmige Krümmung des Bodens bei Platterie (Fig. 186). Sie rührt davon her, dass der Rand etwas früher und also auch stärker schwindet als der Boden; der Rand zieht sich daher mit Gewalt auf dem weniger geschwundenen Boden zusammen und staucht ihn. Viele Verbiegungen sind nur Folge von der Einsenkung der Kapselböden, also Krümmung der Unterlage.

Fig. 185.



Fig. 186.



Ein dritter und zwar sehr tückischer Fehler, insofern er meist erst beim Gebrauch zum Vorschein kommt, entspringt aus mangelhafter Gare. Die Waare hat dann zwar äusserlich ein tadelloses Ansehen, ist aber auffallend spröde, gegen Temperaturwechsel empfindlich und bei einem matten trocknen Bruch ungemein zum Springen geneigt. Die Erscheinung kommt namentlich dann vor, wenn die Glasur im Verhältniss zum Scherben zu leichtflüssig durch verfrühten Fluss den Brenner täuscht. Bei

einem noch höhern Grade dieses Missverhältnisses, der aber selten vorkommt, springt das Porzellan auch ohne Stoss und Erhitzung von selbst und zwar längere Zeit nach dem Brand; man hört dann im Magazin noch nach Tagen Knacken und Knistern, die Waare zieht feine Risse im Scherben nach allen Richtungen, aber ohne zu zerfallen. — Auch bei richtig gestellter Glasur finden sich einzelne Stücke, namentlich am Boden des Ofens, einfach wegen unzureichendem Feuer, nicht „*ausgegangen*". Fehler der Waare.

Eine vierte sehr häufige Gattung von Fehlern bezieht sich auf die Beschaffenheit der Glasur. Dahin gehören zunächst die Körner, bald starke, bald schwächere, bald schärfere, bald stumpfere, bald schmutzig gefärbte, bald weisse, bald mehr vereinzelte, bald in Schwärmen vorkommende Erhabenheiten in der Glasur. Sie kommen vom „*Streuen*" der Kapseln und sind dann meist stark und gefärbt, vom Hineinfallen von Sand in die Geschirre, oder von unreiner sandiger Glasur. — Es gehören ferner hierher die schon beim Zerkeinern der Materialien besprochenen schwarzen Punkte durch Einmischung von Eisenspänen in die Masse, die unter der Mühle fein zerrieben werden und nicht Zeit gefunden haben, sich beim Lagern der Masse in Rost zu verwandlen. — Weiterhin die „*Krätze*", allgemeine Rauhigkeit der Glasur im Gegensatz zu eigentlichen Körnern, namentlich an Rändern u. s. w. häufig; dann mangelhafter Spiegel im Allgemeinen und „*eierschalige*" Glasur. Die eierschalige Beschaffenheit ist das Widerspiel der Körner: die Glasur zeigt eine Unzahl kleiner Vertiefungen, eine Beschaffenheit, die sich nicht besser kennzeichnen lässt als durch den Vergleich mit der Schale der Eier. Die Vertiefungen sind kleine, an der Oberfläche der Glasur zum Platzen gekommene, aber nicht mehr glattgeflossene Bläschen, die sich unter der Loupe als kleine Krater darstellen. Sie sind namentlich bei Feldspathglasur häufig und hängt dies wahrscheinlich mit der Eigenschaft vieler glasiger Flüsse zusammen, im Fluss Gase zu absorbiren, die erst mit beginnender Abkühlung entweichen. Da das eierschalige Ansehen in mildem Grade keinen unangenehmen Eindruck macht, so ist es nicht immer als Fehler zu betrachten. — Ein lange Zeit räthselhaft gewesener Fehler der Glasur, der nur bei Platterie vorkommt, ist ein erbsen- bis haselnussgrosser matter Fleck in der Mitte des Bodens, bei ovalen Geschirren länglich, bei runden gleichbreit, der sich durch auffallendes Schmutzen beim Darüberfahren mit den Fingern auszeichnet. Der Ursprung dieses Fehlers ist unzweifelhaft folgender. Das Feuer wirkt bei aller Waare von aussen nach innen, bei Platterie also vom Rand nach der Mitte, die gerade bei dieser Waare viel später zur Gare kommt. Andererseits weiss man, dass die Glasur bei Beginn des Flusses eine matte Haut bildet, die nach und nach mit steigender Wirkung des Feuers von aussen nach der Mitte vorschreitend verzehrt wird. Jene Flecke sind der letzte stehen gebliebene Rest dieser Haut. — Wenn die Glasur in der Ausdehnung durch Wärme schlecht mit dem Scherben stimmt, so können sogenannte „*Glasurrisse*", ein Netz von feinen Sprüngen nur in der Glasur, entstehen. Das Porzellan neigt dazu

Fehler der Waare.

wenig und in vielen Fabriken sind die Glasurrisse nie gesehen. — Wohl noch seltener und bis jetzt nicht erklärt ist das Abschälen der Glasur von ganzen Flächentheilen der Waare. Die Glasur muss sich in diesem Falle natürlich schon vor dem Eintreten des Flusses ablösen.

Zu den schlimmsten und gar nicht seltenen Erscheinungen gehören die Blasen, die ihren Sitz in der Masse, nicht in der Glasur haben. Sie unterscheiden sich schon äusserlich nach zweierlei Art. Die grossen Blasen von ein bis mehrere Centimeter Durchmesser im Verhältniss zu ihrem Umfang nicht sehr hoch aufgetrieben, mehrentheils geschlossen, seltener aufgerissen, zeigen sich da, wo Geschirre lange über die Gare dem Feuer ausgesetzt waren, an den heissesten Regionen des Ofens und an der dem Feuer zugekehrten Seite der Waare. Vergeblich sucht man im Innern der Blasen nach einem etwaigen Einschluss, man findet nur reines tadelloses Porzellan. Solche Blasen verdanken ihren Ursprung offenbar dem Umstande, dass der Fluss des Scherbens von den beiden Oberflächen nach innen vorschreitet. Zur Zeit der Gare sind die Oberflächen völlig dicht, im Innern des Scherbens noch lufterfüllte Poren, wie man leicht beim Schleifen des Porzellans wahrnehmen kann. Bei zu weitgehendem Feuer ist die Erweichung des Scherbens der Art, dass die dichte Oberfläche unter dem Druck der eingeschlossenen Luft gehoben wird. Lange und stark überbrannte Teller spalten sich manchmal fast vollständig in zwei Lamellen, indem die anfangs entstandenen Blasen in einander übergehen. — Neben diesen breiten Blasen kommen noch andere kleine, aber hochgehobene, mehr spitze, vom Umfang einer Linse oder Erbse, immer viel zahlreicher als die grossen vor; man könnte sie als hohle Pocken bezeichnen. Vielleicht sind sie nur die Blasen des leichtflüssigern, wie die grossen Blasen des strengeren Porzellans; wenigstens hat man jene vorzugsweise bei Feldspathporzellan beobachtet. —

Schleifen.

Manche der bezeichneten Fehler der gebrannten Waare lassen sich nachträglich durch „*Schleifen*“ beseitigen, eine Operation, die dem Fabrikanten einen wichtigen Dienst leistet, insofern sie es möglich macht, einen Theil des beschädigten Gutes, der sonst mit Verlust an Werth dem Ausschuss anheim fiel, wieder vollwerthig zu machen. Das Schleifen geschieht mittelst kleiner runder Scheiben auf der Drehbank; die geschliffene Fläche ist matt oder rauh, sie erhält durch Poliren den erforderlichen Glanz. Zunächst kommt in Betracht, dass das Porzellan bei aller Dichte und Geschlossenheit des Scherbens doch keineswegs frei von Lücken und Poren ist, in die sich die Theilchen vor der Abnutzung des Schleifsteins fest einsetzen. Dunkelfarbige Schleifmittel, wie Schmirgel und ähnliches, hinterlassen deswegen eine auffallende dunkel punktirte Fläche von üblem Ansehen, sind daher zu verwerfen und nur ungefärbte zulässig. Man bedient sich allgemein kleiner Scheiben von unglasirtem Porzellan von etwa 12 bis 36 mm Durchmesser mit abgerundetem, nicht flachem Rande; diese Grösse und Form ist nöthig, weil sie für den genannten Zweck nur einen sehr kleinen Flächentheil, oft nur einen Punkt, angreifen sollen.

Zum Poliren nimmt man ähnliche Scheiben von hartem Holz, mit etwas Bimsteinpulver. Der häufigste Fall ist die Beseitigung von Körnern durch Schleifen. Es kommt dabei vor allem darauf an, eben nur das über die Glasurfläche hervorragende wegzunehmen, also keine Vertiefung hervorzubringen, wozu eine sichere Hand gehört und ein Schliff von wenigen Secunden genügt. Sind die betreffenden Stücke geschliffen, so folgt nach dem Abwischen des scharfen Schleifstaubes das Poliren; man braucht dabei weniger ängstlich zu sein, weil das Polirrad nicht in den Scherben eingreift. Der polirte Fleck hat niemals den vollen Glanz der geflossenen Glasur; für den Kenner leicht zu unterscheiden, ist er doch für den gewöhnlichen Abnehmer unmerklich. Körner aus abgefallener Kapselmasse von dunkler Farbe, wenn zu tief in die Glasur eingeschmolzen, sind natürlich durch Schleifen nicht zu verbessern.

Vortrefflich lassen sich die matten schmutzenden Flecken in der Mitte von Tellern und Platten in ähnlicher Weise entfernen, denn dieser Fehler sitzt nur an der äussersten Oberfläche der Glasur. Es genügt, den Fleck, der in der Regel nicht über 1 cm Durchmesser hat, einen Augenblick mit dem Polirrade zu übergehen. Auch rauhe Ränder bei Tellern, wenn der Fehler mässig und nur an einzelnen Stellen auftritt, lassen sich durch Schleifen und Poliren verbessern.

So wie einige Fehler, so lassen sich auch gewisse Missstände durch Schleifen verbessern bei den gelungenen Waaren. Dahin gehört die Rauhigkeit der Füsse von Porzellangeräthen, die der Natur der Sache gemäss nicht mit Glasur versehen werden können. Durch diese Rauhigkeit greifen sie die Politur der Tische u. s. w., aber auch so weit sie stossweise oder paarweise in einander gestellt zu werden pflegen, wie Teller, Platten, Tassen etc., die Porzellanglasur an, die stets weniger hart ist als die Masse, so dass im Innern der Untertassen, Teller etc. blinde Stellen entstehen. Zum Glattschleifen solcher Füsse, die übrigens keiner Politur bedürfen, dient ein grosser liegender Schleifstein, ähnlich gestaltet und ähnlich getrieben wie bei den Mühlen älterer Construction (S. 299), wo man solche Mühlen hat, einfach ein zu stark abgenutzter zu leicht gewordener Läufer derselben. In jedem Falle ist ein feinkörniger Stein zu wählen. Man lässt darauf den Fuss der Waare einfach mit Wasser ablaufen. Auch der Fehler krumm gezogener Füsse, wenn die Krümmung nicht zu stark ist, kann bei dieser Gelegenheit gehoben werden, so dass die Waare wieder fest steht, statt zu schaukeln.

Sortiren.

Nach der Brandausnahme und den erforderlichen Nacharbeiten durch Schleifen folgt das Sortiren: in die vollkommen gelungene Waare, in die nur beschädigte aber noch brauchbare Waare, die „*Ausschüsse*", und in die bis zur Unbrauchbarkeit beschädigte Waare oder den „*Bruch*".

Statistik der Sortirung.

Der Bruch beschränkt sich im normalen Betrieb auf eine unbedeutende Stückzahl (in Nymphenburg 3 bis 6 Procent) der gebrannten Waare und ist der am wenigsten drückende Verlust. Viel grösser ist der Schaden durch nur zu herabgesetzten Preisen verkäufliche Ausschüsse. Es leuchtet ein, dass verschiedene Artikel sehr ungleiche Schwierigkeit beim Brennen, also auch sehr ungleiche Wahrscheinlichkeit des Gelingens bieten, wie folgende Beispiele der frühern sehr strengen Sortirung zu Nymphenburg (in dreierlei Ausschüsse neben dem Bruch) erweisen. Die Beispiele sind: gewöhnliche Teller als der schwierigste, Kannen als mittelschwieriger und ein Christusbild (nach M. Angelo für Kruzifixe) als der leichteste Gegenstand; sie sortirten sich nach der Stückzahl durchschnittlich wie folgt:

	Teller	Kanne	Christus
Gelungene Waare	18,5	55,0	72,6
I. Ausschuss	57,0	31,0	11,8
II. „	17,5	9,3	5,5
III. „	4,0	2,5	8,3
Bruch	3,0	2,2	1,8
	100,0	100,0	100,0

Der Verlust durch die Sortirung überhaupt betrug im Geldwerth

21,0 13,4 16,2 Proc.

Eine so strenge Sortirung ist übertrieben und durch die Umstände in keiner Weise geboten, auch ging man in Nymphenburg zu einer angemesseneren Sortirung über, wie sie sonst gebräuchlich. Diese ergab dann im Durchschnitt von 91 Bränden und sämmtlichen fabricirten Artikeln:

Gelungene Waare.	I. Ausschuss.	II. Ausschuss.	Bruch.
67,8	16,8	9,4	6,3 Proc.

der Stückzahl.

Neben den äusseren Umständen hat natürlich auch die persönliche Umsicht und Erfahrung des Brenners ihren Einfluss auf das Ergebniss. So ergab sich, unter sonst gleichen Voraussetzungen im Durchschnitt einer grössern Zahl Brände, die Auswahl unter zwei verschiedenen Brennern wie folgt:

	Erster Brenner	Zweiter Brenner
Gelungene Waare	63,4	71,3
I. Ausschuss	17,2	17,6
II. Ausschuss	11,1	8,5
Bruch	8,3	2,6
	100,0	100,0 Stück.

Der Schaden durch Ausschuss lässt sich einigermassen auf dem Wege der Malerei der Porzellanwaare einholen, ähnlich wie durch Schleifen. Es giebt nämlich gewisse Fehler, die, ohne den eigentlichen Gebrauchswerth der Waare zu beeinträchtigen, nur durch ihre Augenfälligkeit schaden, aber wegfallen, sobald sie mit Farbenverzierung bedeckt werden. Dahin gehören Flecken verschiedener Art, schwarze Punkte, auch leichte Brandrisse, die sich mit Fluss ausfüllen lassen, dem man einen Körper zusetzt, so dass er als Kitt wirkt.

Lichtbilder.

Ein eigenthümlicher Gegenstand der Porzellanfabrikation sind die bekannten „Lichtbilder" („Lithophanieen"), eine auf plastischem Wege hervorgebrachte Darstellung, die in der Wirkung eines getuschten Bildes in Licht und Schatten erscheint. Sie beruhen auf der stark durchscheinenden Natur des Porzellans, die Lichter auf Verdünnung, die Schatten auf Verdickung des Scherbens an den betreffenden Stellen. Die Hauptsache, aber auch das schwierigste, ist die Herstellung der Form. Zu dem Ende überzieht man eine Glastafel mit einer Schicht grüngefärbten Bossirwachses; der Wachsschicht giebt man thunlichst genau gerade diejenige Dicke, bei der sie eben so viel Licht durchlässt, wie die zu den Lichtbildern bestimmte Porzellantafel in der normalen Stärke. Indem man nun die Glastafel mit dem Wachse in einer verfinsterten Kammer so anbringt, dass das Licht nur durch diese Tafel eintreten kann, fertigt man, nach Vorschrift des gegebenen (mit einer Lampe beleuchteten) Originals zur Seite, mit dem Bossirgriffel ein Lichtbild aus der Wachsschicht. Dieses Wachslichtbild entspricht genau dem künftigen Lichtbild von Porzellan: die Schatten sind entsprechende Verdickungen, die Lichter Verdünnungen. Durch Abgiessen der bossirten Wachstafel in Gyps erhält man ein Negativ in umgekehrten Verhältnissen; dies ist die Form für die Lichtbilder. — Um mittelst dieser Form ein Lichtbild in Porzellan herzustellen, macht man zunächst eine Schwarte aus Masse, etwas stärker und von etwas grösserem Umfang als die Form, legt sie über die Vertiefung der Form und drückt sie mittelst kurzer Schläge eines Ballens so auf, dass sie alle Vertiefungen genau ausfüllt. Ist dies ausgeführt, so nimmt man die überstehende Masse mit der Streichklinge weg, schlichtet die Oberfläche, worauf man das abgeformte Lichtbild zum Losschwinden und Trocknen hinstellt, wie die gewöhnliche Waare. —

Begriff. — Die Form. — Formen.

Das fertige Lichtbild hat nun in allen Einzelheiten und im Ganzen die Form der Bossirung in Wachs und giebt, nachdem es im Brande durchscheinend geworden, dasselbe Bild im durchfallenden Lichte. Die beabsichtigte Wirkung ist jedoch in dem Grade durch verschiedene in der Technik liegende Umstände bedingt und in Frage gestellt, dass den Lichtbildern nur der Werth von Nippsachen, aber kein eigentlich künst-

Die Lichtbilder.

Lichtbilder. lerischer Werth zugesprochen werden kann. Die Wirkung hängt zunächst von der Natur der Masse ab, die bald mehr bald weniger durchscheinend ist; die passende Beschaffenheit fällt so ziemlich mit der des Biscuit aus Feldspathporzellan zusammen; die meisten Fabriken haben sogar, soweit sie nicht das Biscuit selbst verwenden, eigene geheime Recepte zu Lichtbildmassen. Es handelt sich dabei, neben dem geeigneten Grade von Durchsichtigkeit, namentlich um einen dem Auge gefälligen einigermassen sepiaartigen, weichen Ton der Schattirung. — Das Verhalten jeder gegebenen Masse zu Lichtbildern ist aber wieder in hohem Grade von dem richtigen Feuersgrade beim Brennen bedingt. Schlecht ausgegangene Lichtbilder geben sich braun, stumpf und wolkig, zu stark gebrannte grell, mit verwischter Abstufung von Licht und Schatten. Endlich übt das Formen sehr störende Einflüsse. Durch das Schlagen mit dem Ballen schwinden die einzelnen Theile in dem Masse als sie ungleichen Druck erhalten haben auch ungleich, es entstehen Verschiedenheiten in der Dicke des Scherbens, die sich natürlich auch verschieden beleuchten, somit also eine nicht beabsichtigte störende Wirkung hervorbringen. Hand in Hand damit geht ein durch Verwerfung im Feuer entstandenes unebenes Ansehen, die Rückseite erscheint oft wie gedengelt.

Glasur bleibt in der Regel weg, dafür giebt man aber der Masse einen stärkeren Schweiss. — Durch Bemalen der Lichtbilder mit durchsichtigen Farben fügt man oft zur Wirkung der blossen Schattirung noch die eines Gemäldes. —

Eigenschaften des Porzellans.

Härte. Sprödigkeit. Das gebrannte Porzellan zeichnet sich durch grosse Härte sowohl der Masse als der Glasur aus. Es ist schwer ritzbar und bietet der Abnutzung durch Reibung erheblichen Widerstand. Diese Dauerhaftigkeit findet namhaft Unterstützung durch Festigkeit und durch das Verhalten gegen Temperaturwechsel. Wenn das Porzellan auch im Allgemeinen zu den zerbrechlichen Waaren gehört, so ist es doch den meisten Geschirrarten, sowie dem Glase an Widerstand gegen Zerbrechen durch Stoss oder Schlag überlegen. Im Widerstand gegen Temperaturwechsel kommt das Porzellan den darin besten Thonwaaren wenigstens gleich, übertrifft die meisten und das Glas bei weitem. Wenn man sich erinnert, dass das Porzellan beim Brennen Zwischenzustände zu durchlaufen hat, die sich gerade durch hohe Empfindlichkeit gegen Temperaturwechsel auszeichnen, so begreift man leicht, wie sehr die fragliche Eigenschaft vom richtigen Brennen, vom vollkommneren Ausgehen im Feuer abhängt. Dieser Punkt hat mehr auf sich, als man gemeinhin annimmt, und die Empfindlichkeit einzelner Stücke sonst trefflicher Fabrikation hat wesentlich darin ihren Grund, um so mehr als es sich um feine Unterschiede der Gare handelt, die das Auge nicht mehr unterscheidet, die aber nichtsdestoweniger inner-

halb der unvermeidlichen Ungleichheit des Feuers liegen. Abgesehen von der ungleichen Gare verhalten sich auch verschiedene Massen höchst ungleich gegen Temperaturwechsel und gilt hier die allgemeine Regel: je schlechter gemahlen die Masse, je aufgeschlossener, also durchsichtiger und glasartiger, um so empfindlicher; je besser gemahlen und gemischt, je weniger übertrieben aufgeschlossen, um so unempfindlicher ist die Masse. Stark aufgeschlossene, mit viel Flussmittel versetzte glasige Massen brennen sich leichter, ersparen Brennkosten, empfehlen sich dem Auge und haben daher die dauerhafteren Porzellane vom Markte zurückgedrängt, die sich eigentlich nur noch in den Staatsfabriken finden.

Von dem specifischen Gewichte des Porzellans ist bereits S. 273 die Rede gewesen; es wechselt natürlich nach Bestand und Mischung: Specifisches Gewicht.

	Berlin	Meissen	Sèvres. 1788	Sèvres. 1798	Sèvres. 1838	Limoges	Chinesisch
in Stücken	2,345	2,508	2,259	2,133	2,169	2,334	2,290
zerrieben	2,452	2,569	2,527	2,556	2,242	2,476	2,500
Zwischenräume	4,36	2,37	11,84	16,55	3,25	5,73	8,40 Vol.-Proc.

Der überall in die Augen fallende Unterschied im specifischen Gewichte ganzer Stücke und dem specifischen Gewichte in Pulverform beweist einen unvollkommneren Zusammenhang, das Vorhandensein von Lücken und Zwischenräumen; ihr Betrag in Procenten des Volums des Porzellans in Stücken ist oben beigefügt und wie man sieht sehr abweichend. Vermöge dieser Zwischenräume würde das Porzellan etwas einsaugen, wenn die Glasurdecke dies nicht verhinderte; beim Schleifen werden sie deutlich sichtbar. Die Durchdringlichkeit des Porzellans für Gase in hohen Hitzegraden mag damit zusammenhängen. Beim Glühen von Zuckerkohle, sieben Stunden lang, drangen die Verbrennungsgase fortwährend durch ein Porzellanrohr bei 4 Decimeter Ueberdruck im Innern, obwohl das Rohr innen glasirt war (Résal & Minary).

Dünne Splitter von Porzellan erscheinen dem blossen Auge nicht mehr milchweiss wie dickere Stücke, aber bläulich wie wässerige Milch. Unter etwa 200 facher Vergrösserung löst sich das milchige auf in eine klare Grundmasse mit zahllosen eingebetteten meist nicht ganz klaren Körnern; es macht dabei keinen Unterschied, ob man Feldspath- oder Kalkporzellan vor sich hat. Soviel von den Bestandtheilen mit dem Flussmittel in glasigen Fluss gehen kann thut dies, der Rest, dem Anschein nach der überschüssige Quarz, bleibt darin eingeschlossen *). Bei Hitz- Structur, mikroskopische.

*) Dass das Porzellan im Feuer eine homogene Masse im breiigen Fluss sei, die beim Erkalten zu einem Haufwerk von Krystallnadeln in glasiger Grundmasse erstarre, wie man zu sehen geglaubt, ist wohl nur Spiel der Phantasie.

graden jenseits des Garbrandes, im Knallgasgebläse z. B., geht das Porzellan mehr und mehr in eine durchaus glasartige Masse über und erweicht soweit, dass z. B. Porzellanröhren in eine Spitze ausgezogen werden können.

Chemischer Bestand.

Die Doppelnatur des Porzellans, wonach es aus einer glasartigen Grundmasse mit eingebetteten heterogenen Körnern besteht, macht es begreiflich, dass ein Gemenge der Kieselerde und der Basen, nach Vorschrift der Analyse, aus chemisch reinen Materialien im Feuer kein Porzellan giebt, wie Brogniart dargethan. Gegenüber dieser Doppelnatur haben die Elementaranalysen des Porzellans nur sehr untergeordnetes Interesse, indem sie nur das Verhältniss der Kieselerde und der einzelnen Basen, wie in den nachstehenden Beispielen, ohne Unterschied der näheren Bestandtheile und der mechanischen Structur angeben.

Nro.	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.
	R. A. Couper	Wilson	v. Sommaruga	J. Müller	F. Vielguth	J. Müller		J. Czjzek	R. A. Couper	
	Berlin		Wien	Meissen	Nymphenburg	Elgersburg	Böhmisch		Chinesisch	
							?	Schlaggenwald	1te Sorte	2te Sorte
Kieselerde .	72,96	71,34	58,19	60,03	72,80	72,77	74,80	71,48	71,04	68,96
Thonerde .	} 24,78	23,76	37,90	35,43	18,40	24,53	21,30	23,41	} 22,46	} 29,24
Eisenoxyd .	—	1,74	0,56	Spur	2,50	Spur	—	1,01	—	—
Kalk	1,04	0,57	1,67	0,5	3,30	—	0,64	0,14	3,82	1,60
Bittererde .	—	0,19	0,12	Spur	0,30	Spur	Spur	0,06	—	—
Kali	} 1,22	2,00	0,35	2,26	0,65	0,94	2,48	3,07	} 2,68	—
Natron . .	—	—	0,23	1,55	1,84	1,61	0,58	—	—	—
Summa . .	100,00	99,60	99,02	99,85	99,79	99,91	99,89	99,17	100,00	99,80

Bemerkung: Bei den Nummern 3 bis 8 incl. ist ausdrücklich angegeben, dass die Glasur vor der Analyse entfernt worden; nicht so bei den Nummern 1, 2, 9 u. 10. — In Nr. 6 ist noch 0,06, in Nr. 7 noch 0,09 Proc. Schwefelsäure gefunden. — In Nr. 3 ist das Eisen als FeO berechnet.

Chemischer Bestand.

Wie sich voraussehen lässt sind die Abweichungen des Bestandes je nach dem Ursprung des Materials in einigen Fällen gross (sie gehen bis zu 15 Proc. Kiesel- und bis zu 17 Proc. Thonerde), in anderen Fällen verschwindend. Selbstverständlich sind diese Analysen nur für die untersuchten Proben wahr; der chemische Bestand kann im Laufe der Fabrikation in derselben Fabrik sehr wechseln. Das Eisen ist in allen Analysen, ausser Nr. 3, irriger Weise als Oxyd bezeichnet. Wie auch das Eisen in der Porzellanmasse enthalten sein mag, so wird es bei der Temperatur des Porzellanbrandes bei Gegenwart von Thonerde zu Oxydul, FeO oder Fe_3O_4. Ein Zusatz von Eisenoxyd färbt das Porzellan nie roth, sondern jederzeit grau; Theilchen von metallischem Eisen geben stets schwarze frischschlackenartige Punkte.

Gegen chemische Agentien zeigt das Porzellan eine grosse Beständigkeit (Flusssäure und ihre Verbindungen abgerechnet), soweit diese in Lösungen und bei einer 100° C. nicht viel übersteigenden Temperatur wirken. Nur bei Lösungen von fixen Alkalien ist der Angriff einigermassen bemerklich (Emmerling).

Verzierungen.

Allgemeines.

Das Porzellan bietet in seinen hervorragenden Eigenschaften, namentlich in seiner Härte, Dauer und dem ansprechenden Ansehen, in seiner edlen Natur überhaupt, eine weit geeignetere Grundlage zu Verzierungen nicht plastischer Art, als jedes andere Erzeugniss der Töpferei. Diese Verzierung, im weitesten Umfang, sowohl nach der Menge der Erzeugnisse, als auch nach dem Aufwand von Hülfsmitteln ausgeführt, ist als ein wichtiger Zweig mit dem Betrieb aller Porzellanfabriken verbunden und für diese unentbehrlich, hat sich aber auch mit fortschreitender Theilung der Arbeit als selbständiger Betrieb entwickelt. Die Betriebe der letzten Art beziehen dann diese fertige weisse Waare von den Porzellanfabriken.

Die Verzierungen sind dreierlei Art: mit Farben, mit Metallüberzügen, beide in grosser Ausdehnung gehandhabt; selten durch Aetzen. — Die Darstellungen auf diesen Wegen umfassen alles, was zwischen der einfachen Ausstattung mit farbigen und Goldrändern, also blossen Linien, und zwischen den höchsten Erzeugnissen des Kunstmalers in der Mitte liegt. Die zeichnerischen und malerischen Darstellungen treten weitaus am häufigsten selbständig, seltener im Zusammenwirken mit der Plastik auf. Je nach der Stufe, die die verzierende Darstellung einnimmt, wird sie bald auf mehr mechanischem Wege hervorgebracht, wie die Ränder, Linien, lineare Zeichnungen, die sich häufig wiederholen; bald ist sie Gegenstand der freien künstlerischen Schöpfung.

Farbenverzierungen.

Allgemeines.

Abgesehen von vorübergehender Spielerei mit Wasser- oder Oelfarben, die hier nicht in Betracht kommen, hat die Verzierung des Porzellans, wie der Töpfereierzeugnisse überhaupt, nur mit im Feuer eingebrannten Farben zu thun, die jedoch auf zweierlei weit auseinander gehenden Wegen angebracht werden: sie sind entweder dem Körper des Porzellans, dem Scherben oder der Glasur, einverleibt; oder als ein besonderer Ueberzug über der Glasur auf derselben aufgesetzt. In dem erstern Fall muss die Waare nach der Behandlung mit Farbe erst noch dem Garbrande unterworfen werden. Daraus ergiebt sich weiter die natürliche Forderung, dass die so verwendeten Farben die sehr hohe Temperatur des Scharffeuers ertragen. Die verhältnissmässig nur kleine Auswahl von Farbstoffen, die dieser Forderung entsprechen, heissen Scharffeuerfarben. Sie finden nur beschränkte aber sehr wichtige Anwendung. — Der weitaus häufigere Fall sind die Farbenverzierungen auf der Glasur, also auf der vollkommen gargebrannten und fertigen Waare, ganz nach denselben Grundsätzen wie die Glasmalerei. Das Einbrennen geschieht alsdann in einer besondern Operation, wobei sich — im Gegensatz zu den Scharffeuerfarben — die Temperatur nach der Natur der Farben richtet, nicht umgekehrt. Insofern das Einbrennen in einer Muffel stattfindet, nennt man derartige Farben „Muffelfarben".

Beide Arten von Farben sind chemische Zubereitungen von gewissen Metallen und deren Verbindungen. Für den Werth der Porzellanfarben ist die Art dieser Zubereitung, die dabei zur Anwendung kommende Methode und Behandlung von ebenso entscheidender Wichtigkeit, wie das Material selbst. In früheren Zeiten geschahen diese Zubereitungen in den Porzellanfabriken selbst, sie waren ein integrirender Theil ihres Betriebs unter besonderen vereidigten Beamten, den „Arcanisten". Seit lange hat sich auch dieser Zweig durch Arbeitstheilung als ein selbständiger Betrieb abgeschieden, und pflegen sich die Porzellanfabriken, für den grössten Theil ihres Bedarfs oder ganz und gar, mit Farben aus dem Handel zu versorgen. Zu allen Zeiten ist mit der Zubereitung der Farben viel Geheimniss getrieben und das beste nicht bekannt geworden.

Scharffeuerfarben.

Arten der Scharffeuerfarben;

Die Farben für Scharffeuer sind im wesentlichen folgende: Kobaltoxyd für Blau, Chromoxyd für Grün, Eisenoxyd für Braun, Eisenoxyd mit Chromoxyd und Manganoxyd gemischt ebenfalls für Braun und Schwarz, Titanoxyd für Gelb, Uranoxyd für Schwarz, Nickeloxyd für Oliven, Gold für Rosa, Platin und Iridium für Grau und Schwarz. Bei einigen dieser Metalle, wie Eisen und Mangan, ist nur ein einziges Oxyd in Scharffeuer

Werth. möglich; seltener Kupferoxyde für Roth. — Die Farbenverzierungen für Scharffeuer können auf verschiedene Weise ausgeführt werden: Färben der Masse, Färben der Glasur, endlich und am gewöhnlichsten Malen auf dem Scherben und Malen auf der Glasur. In keinem dieser Fälle tritt die Farbe bei dieser Gattung von Verzierungen über die Oberfläche der Glasur hervor, die Waaren haben dieselbe gleichmässige Oberfläche und denselben Spiegel und Glanz wie weisse Waare. Zu diesem Vortheil in der bessern Wirkung der Farbe tritt noch hinzu, dass Scharffeuerfarben für weitere Verzierungen auf der Glasur, namentlich für Vergoldung, völlig zugänglich bleiben. In diesen beiden Punkten liegt der Hauptunterschied und Werth der Scharffeuer- gegen die Muffelfarben. Wegen der geringen Auswahl und der Schwierigkeit des Auftragens, worin sich die Scharffeuerfarben wieder zu ihrem Nachtheil unterscheiden, dienen sie nicht sowohl zu ausgeführter Malerei, als vielmehr zu farbigem Grund von Darstellungen, oder abgesehen von Malerei, als blosse Färbung des Porzellans.

Färben in der Masse.

Das Färben der Masse, bei Porzellan wenig im Gebrauch, ist unter den oben aufgeführten Farben nur mit Kobaltoxyd, Chromoxyd, Eisenoxyd, Manganoxyd und Titanoxyd ausführbar und mit Goldpurpur. Die Farbenkörper werden mit der Masse gemahlen; feinste Zertheilung und innigste Mischung ist nothwendig, wenn nicht Flecke entstehen sollen. Die Farbenkörper machen die Masse in der Regel leichtflüssiger und können deshalb nur im Verhältniss von wenigen Procenten zugesetzt werden und auch dieses bei dunkleren Tönen nur unter der Voraussetzung einer etwas strengern Mischung der Masse. Je stärker die Masse versetzt ist, je aufgeschlossener und glasartiger, um so schöner entwickelt sich die Farbe. —

Farben auf dem Scherben.

Der mehr oder weniger bedenkliche Einfluss der Farbe auf die Feuerbeständigkeit der Masse fällt weg, wenn die Farbe auf den Scherben aufgesetzt und dann wie gewöhnlich glasirt wird. Man kann auf diese Weise bis zu den tiefsten Tönen, ohne alles Bedenken zu grosser Leichtflüssigkeit der Masse vorgehen, nicht aber ohne anderen Schwierigkeiten zu begegnen, in erster Linie in der Gleichförmigkeit des Tones. Eine auch von der geübtesten Hand mit dem Pinsel bemalte grössere Porzellanfläche erscheint bei gewissen Farben und Tönen (tieferes Kobaltblau z. B.) nach dem Brennen, wie der erste Versuch der Kinder in Wasserfarben, fleckig, jeder Pinselstrich hervortretend. Es sind also besondere Kunstgriffe nöthig. Man trägt die Farbe gewöhnlich auf die verglühte Waare auf, da aber die starke Saugkraft derselben auch jede entfernt gleiche Vertheilung abweist, so muss man sie erst mit einem Mittel tränken, welches ebenso wirkt wie beim Schreibpapier das Leimen. Gummilösung, Milch, auch harziges Terpentinöl sind die gewöhnlichen. Auf eine so getränkte Fläche lassen sich nach dem Trocknen ohne Schwierigkeit farbige Gründe und Malerei ausführen. Farbengründe, namentlich wenn sie einige Flächenausdehnung haben, müssen nach dem Trocknen noch a

geglichen werden. Zu dieser Arbeit dient ein gröberer Pinsel, dessen Haar nicht in einer Spitze, sondern nach Art der Bürsten in eine Fläche ausgehen; beim Uebergehen des Grundes mit dieser weichen Bürste nach den Regeln der Kunst, schleifen sich die zu dicken Lagen in die schwächeren über bis zur Ausgleichung. Oft genügt blosses Tränken der verglühten Fläche mit Wasser, statt Gummilösung etc. Bei Anwendung von Wasser genügt das blosse Trocknen; im andern Falle, bei Gummi, Milch etc., muss der Trockenrückstand vorher durch Ausglühen unter der Muffel zerstört werden, ehe man die Glasur auftragen kann. — Es giebt einzelne Farben und tiefe Töne, die sehr starke Farbenlagen erfordern, und sich deshalb nicht zum Auftragen mit dem Pinsel eignen. Für diese schlägt man einen ganz verschiedenen Weg ein. Die betreffende Fläche wird mit Leinölfirniss überzogen und im klebrigen Zustand mit staubfeiner Farbe übersiebt. Nach dem Abblasen des lose anhängenden Theils zerstört man den Firniss und setzt dann die Glasur auf. — Zuweilen hat man die Farbe durch Anspritzen des nass abgeriebenen Farbenkörpers mit einer steifen Bürste, bei einer gewissen Regelmässigkeit der Behandlung, mit sehr leidlichem Erfolg aufgetragen. — Ein wenig geübtes aber leichtes und in vielen Fällen gut zu verwerthendes Mittel ist die Tränkung des verglühten Porzellans mit wässerigen Lösungen der färbenden Körper, z. B. Kobaltlösung. Die zugleich grosse und zugleich ungemein gleichmässige Porosität des verglühten Porzellans gestattet selbst dem Ungeübten eine Gleichförmigkeit des Tons, der selbst dem Maler von Fach mit dem Pinsel unmöglich ist; ferner gewährt die Abstufung in der Concentration der Lösung und in der Zeit des Eintauchens eine sonst unerreichbare Sicherheit in der Hervorbringung bestimmter Töne.

Farben in der Glasur.

Obenhin betrachtet möchte man es für das einfachste und leichteste halten, als Malgrund oder sonst wie dienende Scharffeuerfarben mit der Glasur, also die Farbe als gefärbte Glasur aufzutragen. Die Erfahrung hat diese Erwartung nicht in dem Grade bestätigt.

Die Forderung, den richtigen Schmelzpunkt durch Einmischung des Farbenkörpers nicht zu verrücken, während die farbige Glasur doch im Scharfbrand genau mit der gemeinen Glasur ausgehen muss; die Forderung, den Farbenkörper gleichmässig in der Glasur vertheilt zu erhalten; die Forderung endlich, genau die Dicke der Glasurschicht zu treffen, von welcher der Ton der Farbe doch abhängt, und die allseitige Gleichförmigkeit der Glasurschicht, — diese Forderungen allein sind schon grosse, niemals völlig zu überwindende Schwierigkeiten. Ueberdies zieht sich die schon von vornherein nie gleich dick liegende Glasur im Feuer bald da mehr ab, bald dort mehr hin; es entstehen ungleiche Töne. Dieser Weg ist daher ebenfalls von sparsamer Anwendung. Nach Wächter lässt sich (durch Versatz der Glasur mit zweifach chromsaurem Kali Bleizucker und Eisenoxyd und Ausfällen mit Ammoniak) eine Glasur mit Chromaventurin (II. Bd. 1. Abth. S. 205) hervorbringen.

Reserven. Die Natur der Farbenverzierung bringt es in der Regel mit sich, dass nur gewisse Theile der Oberfläche mit Farbe angelegt werden sollen. Wenn daher die Farben durch Lösung oder als Glasur aufgetragen werden, so sind die Theile zu schützen, welche von Farbe frei bleiben sollen. Die verschiedenen Hülfsmittel zu diesem Zweck (Reserven) sind entweder dazu bestimmt, die Aufnahme der Farbe an den betreffenden Stellen zu hindern, oder sie lassen die Aufnahme zu, hindern aber die Farbe, an dieser Stelle festzuhaften. Die Mittel der ersten Art sind folgende: Soll ein Gegenstand nur aussen, aber nicht innen mit Farbe überzogen werden, so taucht man ihn nur bis zum Rande in die Lösungen, wenn solche zur Anwendung kommen. Sind es Glasuren, so setzt man erst die weisse Glasur auf, wie gewöhnlich, bürstet diese nach dem Trocknen aussen ab und glasirt die Aussenfläche farbig nach. Liegen die farbigen und die zu schützenden Stellen beide innerhalb desselben Oberflächentheils, so bedient man sich besser des Fettes oder Firnisses, womit man die von Farbe frei bleibenden Stellen überzieht. Talg ist den Oelen vorzuziehen, weil er, sofort gestehend, nicht über die Umrisse ausläuft. Nach dem Eintauchen in die farbige Lösung (oder Glasur) und Trocknen wird das Stück unter der Muffel ausgeglüht bei einem Hitzgrade, der das Fett zerstört und die Farbe hinreichend befestigt, so dass sich dann die farblose Glasur aufsetzen lässt wie gewöhnlich. Zuweilen, wie beim Anspritzen der Farben, sind auch Schablonen anwendbar, welche nur die mit Farbe zu bedeckenden Theile frei lassen. Auch hilft man sich oft, wenn es sich nur um kleine Flächentheile handelt, mit Abschaben der bereits aufgesetzten Farbe. Aehnlich ist die Behandlung, wonach man zuerst glasirt wie gewöhnlich, dann die Farbe an die betreffenden Stellen aufspritzt, aber nur im beiläufigen Umriss, und zuletzt die weiss bleibenden Stellen durch Abschaben von Glasur und Farbe befreit. Schliesslich glasirt man das Ganze nochmals mit weisser Glasur.

Dieser letztere Weg bildet den Uebergang zu den Mitteln der zweiten Art. Dahin gehört das Ueberziehen der zu schützenden oder auszusparenden Stellen mit einem Grunde aus Kreide mit Gummilösung. Ist dieser Grund getrocknet, so trägt man den Farbengrund mit Terpentinöl zerrieben gleichmässig über die ganze Fläche auf und brennt nach dem Trocknen unter der Muffel auf einen gewissen Hitzgrad. Die Farbe haftet dann auf dem nackten Scherben, nicht aber auf dem Kreidegrund, dessen Gummi durch Verbrennen zerstört ist. Die Farbe lässt sich von diesem Theil leicht mit der Kreide wegbürsten. — Umgekehrt pflegt man auch die Fläche zuerst mit dem Farbengrund zu überziehen und obenauf den Kreidegrund mit Gummi auf die Stellen aufzutragen, die wieder weiss werden sollen. Wird das so vorbereitete Stück in der Wärme scharf getrocknet, so haftet die Farbe fest am Scherben, wo sie frei liegt, unter dem Kreidegrund aber mehr an dem Gummi desselben. Dort zieht sie sich vom Scherben los und kann leicht mit der Bürste entfernt werden.

Es bleibt noch das Auftragen der Farbe auf die Glasur, d. i. auf die Oberfläche des fertigen und gargebrannten Stücks, als Art die Scharffeuerfarben zu behandeln. Sie hat von vornherein den schwer wiegenden Einwand gegen sich, dass die Farbe nicht gelegentlich des Gahrbrands, sondern in einem zweiten Brande eingeschmolzen wird, also mit doppelten Brennkosten und doppelter Gefährdung. Beim zweiten Brande geht die Farbe von der Oberfläche in die Glasur, die wieder zum Fluss kommt, und hat dann die gewöhnliche Wirkung der Scharffeuerfarben. Die gewöhnliche Art solche Farbe aufzutragen, ist die, dass man die Farbe nicht auf einmal in der erforderlichen Stärke auflegt, sondern in zwei-, drei- bis fünf aufeinander folgenden schwächeren Schichten; ehe man die folgende legt, lässt man die vorhergehende trocknen und vertreibt sie mit dem Bürstpinsel, um die Züge des Malerpinsels zu verwischen. Auf diesem mühsamen Wege erhält man besonders gleichförmige Töne und ist im Stande, die gewünschte Tiefe mit viel Sicherheit zu erreichen und festzuhalten. Erst nachdem alle Farbe aufgetragen, erfolgt der Brand. Farben auf der Glasur.

Die Vorzüge der Scharffeuerfarben sind, wie man sieht, nur die Frucht von schwierigen, zeitraubenden und kostspieligen Operationen. Auch im Brande haben sie ihre eigenthümlichen Gefahren, so namentlich tiefe Töne in Kobaltblau, die sehr leicht, wo sie einigermassen zu dick liegen, lebrige, schmutzig-braune Flecken bilden. Daher die eingeschränkte Anwendung; viele Fabriken befassen sich gar nicht damit, andere in besonderen selteneren Fällen; häufiger diejenigen, die für gewisse Artikel eine besondere Kunstfertigkeit erlangt haben, wie die Meissener Fabrik in dem schönen Tiefblau und Chromgrün unter Glasur. In Leichtigkeit der Ausführung und Billigkeit stehen die in ihrer Wirkung zwar schönen Scharffeuerfarben immer gegen die gewöhnliche Verzierung mit Muffelfarben weit zurück. Schwierigkeiten.

Muffelfarben.

Die Muffelfarben sind glasartige Gemische, welche stets auf die Glasur der fertigen Waare aufgebrannt werden, aber bei einem sehr niedern Hitzgrade, bei dem die Glasur noch nicht erweicht. Sie befestigen sich einfach, indem sie im Schmelzen an die Oberfläche der Glasur kleben, aber meist gar nicht, oder doch nur sehr oberflächlich, in diese eindringen. Indem die Glasur an dem Fluss der Farben nicht Theil nimmt, müssen diese alles in sich enthalten, was zum glasigen Fluss erforderlich, denn nur durch den Fluss werden die Farben entwickelt und zur Wirkung gebracht. Ebenso wie die fertigen eingebrannten Farben nur gefärbte Glasflüsse sind, ebenso sind auch die Farben in der Hand des Malers eigentlich nur Sätze zu Glas und zwar zu äusserst leichtflüssigem Glase. Insofern bestehen sie aus zwei Hauptgemengtheilen, aus dem sogenannten „*Fluss*“ und dem Farbenkörper; der Fluss giebt beim Ein- Natur.

brennen das leichtflüssige Glas, der Zusatz die Farbe. Beim Schmelzen entsteht entweder ein wirkliches Glas, durchsichtig und gefärbt, dessen Wirkung auf durchfallendes Licht von der weissen Porzellanfläche zurückstrahlend, oder es entsteht ein undurchsichtiger Email, dessen Wirkung auf unmittelbar zurückgeworfenes Licht berechnet ist; oder endlich es entsteht ein an sich zwar durchsichtiges, aber wegen der Tiefe des Tons als Email wirkendes Glas. Von der ersten Art sind z. B. Kobaltoxydfarben; von der zweiten Art Eisenoxydfarben, Bleigläser, in denen Eisenoxyd suspendirt ist, ferner Uran-Iridiumfarben, auch weisser Email mit Zinn; von der dritten Art das Schwarz von Eisen und Chrom.

Bedingungen.

Die Muffelfarben müssen bei einer Temperatur schmelzbar sein, bei der sich ihre Bestandtheile nicht verflüchtigen, oder sonst verändern; sie müssen im Schmelzen fest und gleichmässig am Porzellan, also an der Glasur anhaften; sie müssen nach dem Brennen durchaus glasig, glänzend, nicht matt erscheinen, wo dies nicht ausdrücklich beabsichtigt ist; sie müssen in ihren physikalischen Eigenschaften, insbesondere ihrem Verhalten zur Wärme, nicht so weit von der Glasur verschieden sein, dass sie Haarrisse ziehen, sich abblättern u. s. w.; sie sollen endlich den verwitternden Einflüssen der Luft und Feuchtigkeit widerstehen. Diese Bedingungen werden nicht alle so vollkommen erreicht als wünschenswerth. Während die Scharffeuerfarben die Glätte und den Glanz der Glasur völlig ungestört lassen, bilden die Muffelfarben wenn auch seichte, aber doch fühlbare und ungleiche Erhabenheiten, die den Spiegel der Glasur um so mehr stören, als ihr Glanz wesentlich gegen den der Glasur absticht. Die Muffelfarben stehen gegen den Einfluss der Luft auf jede Dauer, ohne mit der Zeit, wie Oelfarben, in störender Weise aufzudunkeln oder sich merklich zu ändern *). Stärkere chemische Agentien, Mineralsäuren namentlich, greifen sie sofort an, Salpetersäure beizt die meisten Farben blank von der Glasur weg, denn sie können der erforderlichen Leichtflüssigkeit halber nur sehr basische Bleigläser sein. Aus dem gleichen Grunde sind sie sehr weich und schleifen sich leicht durch Reibung ab, so bei Gegenständen des täglichen Gebrauchs. Höhere Hitzgrade zerstören die Porzellanmalerei mit Muffelfarben gänzlich. Bemalte Stücke ins Scharffeuer eingesetzt, behalten einige Flecken von den feuerbeständigen Farben, wie Kobalt- und Chromoxydfarben u. s. w., der Rest verflüchtigt sich sammt dem Fluss bis auf die nackte Glasur.

Bestandtheile, färbende.

Die Muffelfarben, sowie sie aufgetragen werden, bestehen aus drei Dingen: dem färbenden Bestandtheil, dem Fluss und dem Vehikel, d. h.

*) Wenn man bedenkt, dass gefärbte Gläser (mit Mangan, mit Gold namentlich) am blossen Lichte nachweisbar ihren Ton ändern, so kann man dem Stehen der Porzellanmalerei unter dem Einflusse des Lichts doch nicht so unbedingt trauen.

der Flüssigkeit zum Anmachen. Als färbende Verbindungen werden gebraucht die Oxyde von:

Chrom,	Mangan,	Kupfer,
Eisen,	Kobalt,	Iridium,
Uran,	Antimon,	Platin.

Dazu kommen als nicht eigentlich färbende Verbindungen das Zink- und das Zinnoxyd. Das Zinkoxyd hat eine eigenthümliche Wirkung auf die färbenden Metalloxyde, deren Ton und Schattirung es im feurigen Fluss in auffallender Weise bestimmt und entwickelt. Es verhält sich einigermassen ähnlich wie das Hydratwasser in dieser Beziehung, denn wie bekannt sind die Oxydhydrate meist anders und lebhafter gefärbt als die wasserfreien Oxyde. Das Zinnoxyd dient, in seiner Eigenschaft einen weissen Email zu bilden, als Weiss oder Emailgrundlage.

Ferner dienen als färbende Verbindungen verschiedene Metallpräparate nemlich:

Chromsaures Eisen,	Silberchlorür,
„ Baryt,	Cassius'scher Goldpurpur,
„ Blei,	

endlich einige natürlich vorkommende Mineralsubstanzen:

die Ocker, thonhaltige Eisenoxydhydrate,
Umbra, „ Eisenoxyde mit Manganoxyd,
Terra da Siena „ „ „ „

Die Flüsse sind der erforderlichen Leichtschmelzbarkeit wegen Gläser aus Bleioxyd mit Kieselerde oder Kieselerde und Borsäure, zuweilen mit, zuweilen ohne Natron. Indem die Gemische einen Zusatz von färbendem Metalloxyd erhalten, wird dieses je nach seiner Natur und der Menge, in der es vorhanden, mehr oder weniger in das glasige Silicat mit eingehen und den Schmelzpunkt desselben verrücken. Mit anderen Worten, ein und derselbe Fluss wird mit den verschiedenen färbenden Metalloxyden Muffelfarben von sehr verschiedenem Schmelzpunkt liefern, die schlecht oder gar nicht zusammengehen. Wenn man insofern mit einem einzigen Fluss nicht auskommt, würde es aber auf der andern Seite doch zu weit führen, für jede der sehr zahlreichen Muffelfarben einen besondern Fluss zu halten. Man reicht in der Ausübung in der That mit etwa einem halben Dutzend verschiedener Flüsse aus, die man aus folgenden Stoffen zusammensetzt: Fluss.

Bleiglätte,	Borax oder Borsäure,	Basisch salpeters. Wismuthoxyd,
Mennige,	Quarz (Sand).	

Möglichste Reinheit ist natürlich unerlässlich, um einen farblosen Fluss zu erhalten. Man schmilzt das Gemisch in einem Schmelztiegel,

bis es zu einem gleichmässigen Glase geflossen ist und giesst dieses auf eine reine Metallplatte aus. Obwohl ein lange fortgesetztes Schmelzen durch Verflüchtigung von Bleioxyd der Leichtflüssigkeit schadet, so pflegt man doch sehr gewöhnlich die Tiegel in das Verglühfeuer des Porzellanbrandes einzusetzen, dessen Temperatur zum Schmelzen vollkommen ausreicht. Es ist vorgekommen, dass die Bleigläser des Flusses im Verglühfeuer, durch Uebergang in denjenigen Zustand, der dem Hämatinon der mit Kupfer roth gefärbten Gläser entspricht, dunkel schwarzgrau ausfallen (Elsner). Sie müssen dann umgeschmolzen werden. Der fertige Fluss ist für die Anwendung fein zu reiben. Um dieses zu erleichtern, giesst man ihn auch glühend in Wasser aus. Boraxhaltige Flüsse können dabei Borate an das Wasser abgeben.

Wächter in seinen aus bester Erfahrung geschöpften Mittheilungen über die Bereitung der Muffelfarben, legt folgende neun verschiedene Flüsse zu Grunde:

	a	b	c	d	e	f	g	h	i	
Quarz *) . . .	1	1	1	1	2	1	2	3	2	Gewichtstheile.
Mennige . . .	2	4	8	1	4	2	5	12	6	
Borax **) . . .	—	—	—	1	1	1	1	1	1	

*) Statt dessen auch sehr reiner Sand. **) Calcinirt und zerrieben.

Die Farben aus Gold.

Auf 1 Atom Säure (Kiesel- und Borsäure) kommen weniger wie 1 Atom bis zu 3 Atom Base (Bleioxyd und Natron). Ein zehnter Fluss besteht aus 4 Theilen basisch salpetersaurem Wismuthoxyd und 1 Theil Borax. Diese Zahlenangaben sollen nur als Beispiele dienen, indem die Vorschriften fast von Ort zu Ort wechseln. Der Fluss (d) ist bei langsamem Erkalten ein weisser Email und dient als solcher und für sich zu Deckweiss. Die übrigen Flüsse sind zur Mischung mit Farbenkörpern, so (a) zu Schattirblau, (b) zu Luftblau und Blauviolett, (c) zu Hell- und Dunkelgelb, (e) zu Violett mit Gold, (f) zu Purpur mit Gold, Blaugrün und Deckblau, (h) zu Iridiumschwarz, (i) zu Dunkelgelb. — Das nachstehende gedrängte Verzeichniss weist nach, welche Zubereitung der färbenden Metalle und zu welchen Farben sie verwendet werden.

Antimon.

Das Gold, als Goldpurpur aus Chlorid niedergeschlagen, liefert äusserst schätzbare Farben: für sich Roth- und Blauviolett, mit Silber einen Purpur, Rosa- und Fleischfarbe. Die Farben ändern sich mit dem Verhältniss von Fluss. Es ist dabei wohl zu beachten, dass die goldgefärbten Gläser in stärkeren Schichten leberig ausfallen und nur in sehr dünnen Schichten mit ihrer wahren Farbe erscheinen. Diese dringt, der niedern Temperatur beim Einbrennen ungeachtet, bis in die Porzellanglasur vor.

Uran.

Antimon als antimonsaures Kali dem Flusse zugesetzt, in der Regel mit Zinkoxyd zur besseren Entwicklung der Farbe, liefert verschiedene

Schattirungen von Gelb, von Citron- bis tiefem Dunkelgelb. Durch zu langes Schmelzen der Farbe, namentlich mit Boraxfluss, schlagen sie leicht durch Zersetzung in schmutzig Grau um.

Uranoxyd, theils für sich, theils mit Chlorsilber, dann aber am besten mit Wismuthfluss gemischt, giebt Gelb und Orange. Uran- und

Chrom als Oxyd, am besten aus chromsaurem Quecksilberoxyd durch scharfes Glühen im Porzellanbrand dargestellt, giebt verschiedene Arten von Grün. Zu Blau- und Dunkelgrün setzt man Kobaltoxyd zu und zwar zum Quecksilbersalz; man erhält dann beim Glühen beide Oxyde mechanisch oder chemisch innig gebunden. Das Chromoxyd aus Quecksilbersalz ist ungleich leichter beim Malen zu behandeln als Chromoxyd anderer Bereitungsarten. Auch mit Antimonoxyd lässt sich das Chromoxyd zu mehr ins Gelbe gehenden Farben versetzen. Zur Hebung der Farbe dient Zinkoxyd. Chromoxyd.

Kobalt, als Oxyd möglichst chemisch rein, mit Zinkoxyd versetzt, in verschiedenen Verhältnissen mit Fluss, giebt das bekannte reiche Blau in seinen Abstufungen, Hell-, Luft-, Dunkelblau, Schattirblau. Die Verbindung mit Thonerde liefert das schöne Türkisblau, von opalartigem, milchigem Ansehen. Man dampft die schwefelsauren Salze von Kobalt und Zink mit Ammoniakalaun gelöst zur Trockne und glüht den Rückstand im Scharffeuer. Statt des Oxydes braucht man ebenso oft kohlensauren Kobalt. Auch die als gelbe Fällungen erhaltenen Verbindungen des Kobalts mit salpetriger Säure dürften für die Praxis mehr Beachtung verdienen als ihnen bis jetzt zu Theil geworden. Kobalt.

Iridium als reines Sesquioxyd verwendet, meist mit Zinkoxyd, giebt je nach dem Verhältniss, in welchem es mit Fluss versetzt wird, ein schönes Schwarz bis Grau. Iridium.

Eisen. Kein Metall giebt einen so grossen Umfang von Farben wie das Eisen als Oxyd in doppelter Richtung: im Gemisch mit anderen Oxyden (wovon weiter unten) und für sich. Die Farbe des Eisenoxyds, wie bekanntlich auch seine Löslichkeit in Säuren, ändert sich mit dem Hitzgrade bei dem es geglüht wird. Bei den niedrigsten Hitzgraden ist es hell von Farbe und in Säure löslich, mit steigender Temperatur dunkelt die Farbe, bis man zuletzt eisenschwarzes unlösliches Oxyd erhält. Diese Abstufungen sind in der Zertheilung mit Fluss viel augenfälliger. Auf diesem Verhalten beruht die Darstellung der ganzen Stufenleiter von Farben, vom Orange durch verschiedene Roth ins Braune und Violette aus dem nemlichen Eisenoxyd, aber es ist auch der Grund grosser Schwierigkeiten in der Darstellung. Wird das Glühen nicht mit der erforderlichen Umsicht ausgeführt, z. B. ohne weiteres im Schmelztiegel, so erhalten die verschiedenen Theile ungleiche Temperatur; an den heissesten Stellen (an der Wand) können sie bereits ins Blaue spielen, während sie in der Mitte unter geringerm Hitzgrade noch sehr ins Gelbe Eisenoxyd.

Eisenoxyd. gehen. Am sichersten glüht man das gefällte und getrocknete Oxyd unter der Muffel in flachen Schalen unter stetigem, fleissigem Umrühren, und in nicht zu grossen Mengen, bis die erwünschte Farbenstufe eingetreten. Die Producte verschiedener Zubereitung sind vor dem Gebrauch genau zu vergleichen und die nicht übereinstimmenden auszuschliessen. Man stellt so bis zu zwei Orange, fünf Roth und vier Violett dar *). Den hellen Farben, wie Orange, pflegt man Zinkoxyd zuzugeben. Auch versetzen mit Thonerde ist gebräuchlich, aber nicht nöthig, indem der Zusatz von Fluss schon hinreichend in demselben Sinn wirkt. Das Roth geht bis Carmin und Blutroth, dann durch Braun und Kastanienbraun ins Violette. Zu sogenanntem Chamois wird das Eisenoxyd vorher nicht geglüht, sondern nur als getrocknetes Hydrat dem Fluss zugesetzt; es geht dann höchst vertheilt und bei der sehr milden Glühtemperatur des Einbrennens in Oxyd und zwar der hellsten Stufe über.

Durch Versetzen mit anderen Metalloxyden giebt das Eisenoxyd noch mannichfache Mischfarben. So mit Manganoxyd Bister und Sepia; mit Kobaltoxyd ebenfalls braun, beim intensivsten Ton ein schönes und viel gebrauchtes Schwarz. Dasselbe gilt vom Zusatz des Chromoxyds zu Braun und Schwarz. Auch die drei Oxyde des Eisens, Chroms und Kobalts, zuweilen noch mit Kupferoxyd, werden zu Schwarz gebraucht.

Ocker. Die Ockerarten und Terra de Siena färben durch ihren Eisen- und Mangangehalt.

Chromsäure. Neben dem Chromoxyd ist auch die Chromsäure und zwar in ihren Verbindungen mit Bleioxyd eine wichtige Porzellanfarbe. Das neutrale Salz ($CrO_3 PbO$) liefert ein schönes Gelbroth (Kapuzinerkresse). Das im Handel als Anstrichfarbe vorkommende Chromgelb, ein Gemenge von viel Gyps, Schwerspath u. s. w. mit neutralem chromsaurem Blei, enthält meist nur $1/4$ bis $1/5$ seines Gewichts an letzterem und in sehr schwankenden Verhältnissen; man stellt das chromsaure Blei daher eigens für Porzellanmalerei dar. — Seit einigen Jahren kommt ein Scharlachroth auf Porzellan vor, über dessen Herstellung zur Zeit nichts näheres bekannt ist. Es lässt sich leicht mit concentrirter Salpetersäure vom Porzellan wegbeizen. Die Glasur bleibt farblos, aber etwas matt, seicht angefressen zurück; die Lösung enthält Chromsäure und Bleioxyd, aber keine Kieselerde. Die Farbe scheint daher ohne Fluss für sich aufgebrannt und ist wahrscheinlich halbchromsaures Bleioxyd ($CrO_3 2 PbO$).

Chromorange und Scharlachroth mit chromsaurem Blei gehören zu den schwierigsten leicht misslingenden Farben. Namentlich neigt das Scharlachroth sehr dazu, hässliche leberbraune Flecken oder doch einen Stich ins Leberbraune anzunehmen.

Farbemühlen. So wie der Porzellanmaler die Farben verwendet, sind sie nach den üblichen Vorschriften mit Fluss versetzt. Dies geschieht entweder durch Zusammenschmelzen oder durch blosses Mischen. In jedem Fall ist die

*) Zu Violett pflegt man häufig etwas Manganoxyd zuzusetzen.

auf feurigem oder auf kaltem Wege gewonnene Mischung in das feinste unfühlbarste und gleichmässigste Pulver zu verwandeln. Zu dem Ende zerkleinert man sie vorläufig in einem Mörser zu gröblichem Pulver, mahlt dieses in einer Handmühle fein, und bringt das Pulver schliesslich durch Reiben auf der Platte mit Läufer auf die höchste Feinheit. Eine zweckmässige Construction der Handmühlen ist die Fig. 187 und Fig. 188 von Porzellan. In einem starkwandigen Mörser *ef*, am Boden mit einer kegelförmigen Erhöhung nach Art der Weinflaschen, bewegt sich ein ebenfalls stark gearbeiteter hohler Körper *ahh* als Läufer mit einem Holzdeckel *c* versehen, woran der Drehgriff *d* sitzt. An zwei gegenüberstehenden Seiten sind am Fuss des drehbaren Theils zwei Ausschnitte, *bb*, angebracht, durch welche die Farbe unter die Mahlflächen gelangt; letztere

Fig. 187.

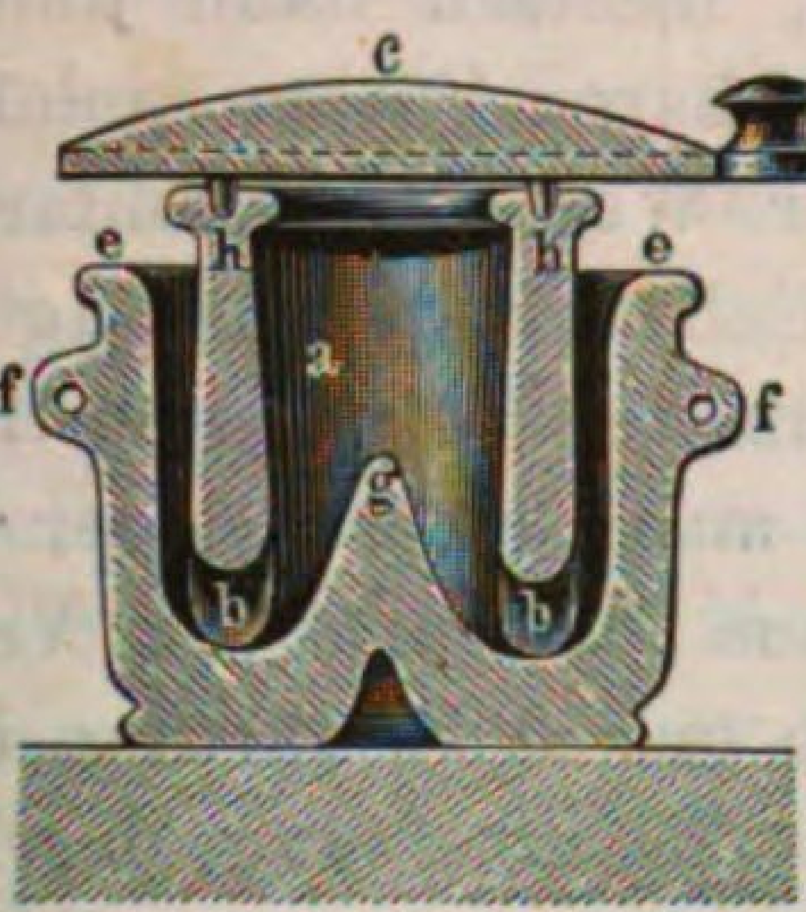


Fig. 188.



müssen zum Behuf des bessern Angriffs unglasirt bleiben. — Als Platte zum Fertigreiben dient eine Spiegelscheibe mit Porzellanläufer und Hornspatel. — Sowohl in der Mühle als auch auf der Platte zerreibt man die Farbe nass. Für blosse Farbenverzierungen genügt die Mühle allein, für eigentliche Malerei ist die Platte unerlässlich. Wo man die Farben in besonderen Fabriken herstellt, bedient man sich natürlich grösserer Mühlen mit Steinen und durch Elementarkraft getrieben.

Zum Auftragen der Farben ist ein flüssiges Zwischenmittel noth- Vehikel.
wendig, auf dessen Beschaffenheit vieles ankommt. Es muss sich gut mit den Farben mischen, eine gleichförmige und gute Verbreitung auf der zu bemalenden Fläche mit dem Pinsel zulassen, mit den Farben hinreichend fest an der Glasurfläche haften und zwar so, dass es die Nacharbeiten und Nachbesserungen nicht hindert, es darf endlich nicht chemisch verändernd auf die Farben einwirken und muss sich beim Einbrennen ohne Rückstand verflüchtigen.

Wasser mit etwas arabischem Gummi (auch wohl Zucker) angedickt giebt gut aus dem Pinsel fliessende Farben, aber sie vertragen sich nicht mit Boraxfluss und lassen sich schlecht nachbessern. Immerhin ist dieses Mittel trefflich für Farbenränder, Linien, Streifen und derartige Verzierungen. Für die Darstellungen, für welche die Nacharbeiten unerlässlich und wesentlich sind, also für Malerei im engern Sinne, nimmt man Terpentinöl. Das käufliche Terpentinöl enthält stets harzige Theile, auch das

frisch gereinigte bildet durch Berührung mit der Luft Harz. Beim Verdunsten an der Luft bleibt das Harz als ein klebender Rückstand, der die Farben haften macht, aber unter Umständen, wenn er zuviel wird, schaden kann durch Reduction des Bleioxyds im Flusse. Man hält sich daher gewöhnlich reines rectificirtes Terpentinöl neben absichtlich an der Luft verdicktem und setzt von letzterem sparsam zu dem erstern, so viel als eben nöthig. Neben dem Terpentinöl ist noch das Spiköl (Lavendelöl) in der Porzellanmalerei. Es ist weniger flüchtig und trocknet weniger rasch, wovon man in einigen Fällen Nutzen zieht. — Wie sich von selbst versteht, müssen die Farben mit dem Gummiwasser oder den Oelen sorgfältig angerieben werden.

Mischfarben.

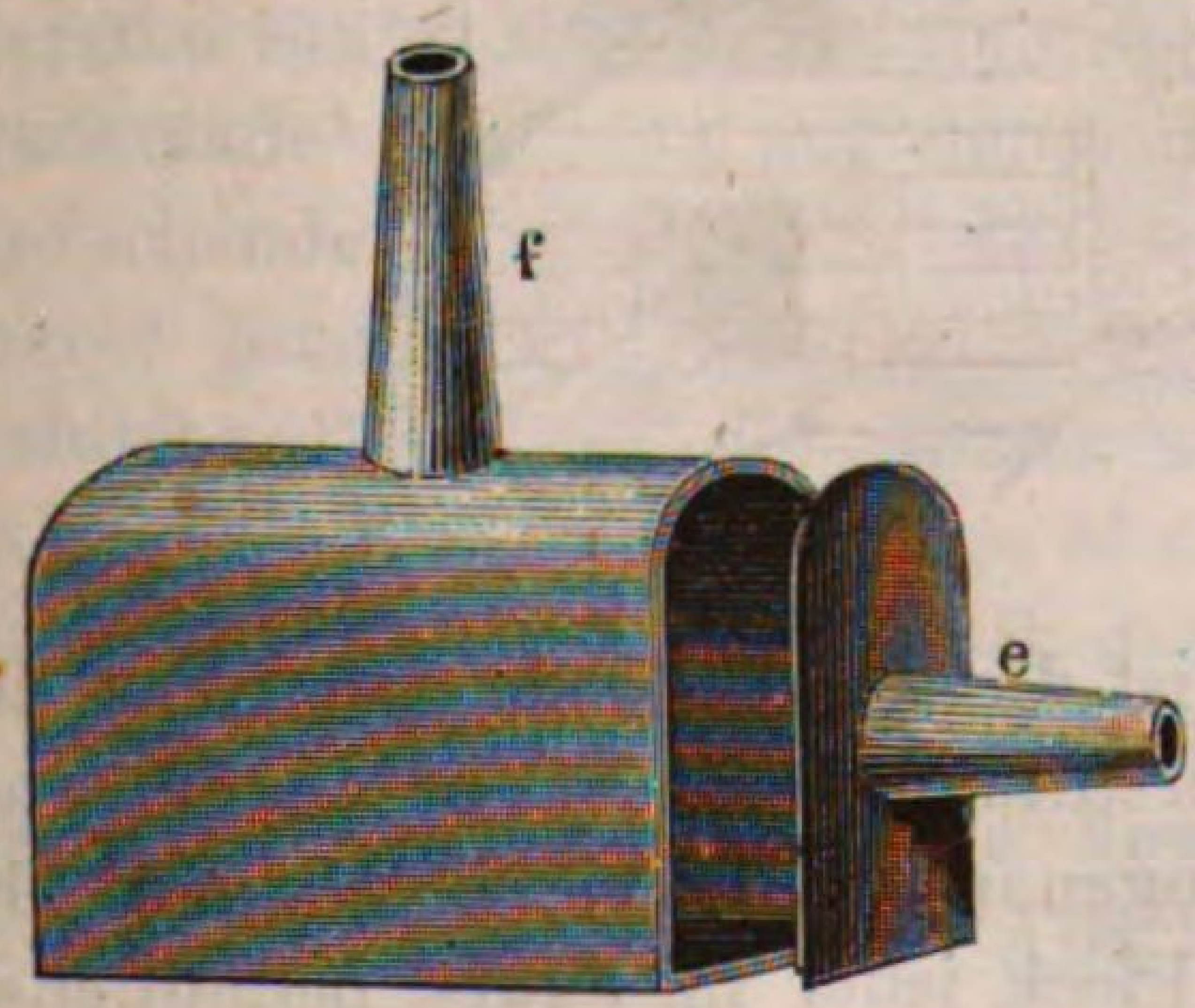
Ausser den oben angeführten Farben hat man auch allerlei Zwischenfarben. Solche sind durch Mischen zu erhalten, aber manche Farben sind durchaus nicht mit anderen mischbar, insofern dann unliebsame Umsetzungen entstehen. Zu den nicht mischbaren Farben gehört z. B. Chromorange und Chromroth. Ein anderer Weg, Zwischenfarben zu erhalten, besteht im Uebermalen, in der Uebereinanderlegung zweier Farben, die sich dann optisch im Auge mischen. Die oben liegende Farbe darf alsdann nicht undurchsichtig und muss leichtflüssiger sein als die darunterliegende. — Ueberhaupt ist genaue Kenntniss vom Verhalten der Farben an sich und gegen einander, also grosse Erfahrung namentlich in rein künstlerischer Darstellung, eine Voraussetzung des Erfolgs. Ganz besonders kommt hier der Umstand in Geltung, dass die Farben beim Auftragen noch nicht die Wirkung auf das Auge hervorbringen, wie nach dem Einbrennen, dass also der Künstler hinsichtlich der Beurtheilung seines Thuns während der Arbeit sehr ungünstig gestellt ist. Aus diesem Grunde ist darauf zu sehen, dass die Farben ihre Art und ihren Ton möglichst wenig beim Einbrennen ändern und sind in der Beziehung die auf feurigem Wege hergestellten Farbenkörper den auf nassem Wege bereiteten immer vorzuziehen. In manchen Fällen ist dieses auch nicht einmal annäherungsweise zu erreichen und man nimmt dann zu sogenannten „*Blendfarben*“ seine Zuflucht, d. h. man mischt eine entsprechende vegetabilische Farbe bei, die nachher im Feuer verschwindet; so namentlich bei den Farben aus Gold und Silber das Safflorroth. — Die Nothwendigkeit, Farben von verschiedenen Graden der Schmelzbarkeit anzuwenden, wie sie bei einigermassen zusammengesetzter Darstellung, also eigentlichen Porzellangemälden oft genug vorliegt, zwingt den Künstler seine Arbeit mehrmals durch das Muffelfeuer gehen zu lassen, so zwar, dass die leichtflüssigen Farben zuletzt und bei niedrigerer Temperatur, die strengen zuerst und bei höherer eingebrannt werden. — Eine andere Klippe droht dem Maler in der Neigung mancher Farben, nicht „rein durchzugehen“, d. h. in dicken Lagen wesentlich abweichende Wirkungen zu geben, wie in dünnen Lagen; das Lebrigwerden von Purpur mit Gold, auch des chromsauren Bleies sind bereits oben erwähnte Beispiele.

Blendfarben.

Für den Künstler höhern Styls ist die Uebung der freien Hand das einzige Hülfsmittel der Pinselführung; nicht so für den Darsteller blosser Verzierungen in Farben, der sich gewisser mechanischer Hülfsmittel bedient, um so mehr, als es bei ihm mindestens eben so viel auf den Umfang als auf die Sauberkeit der Leistung ankommt. Hierher gehört zunächst zur Ausführung von Farbenrändern, Linieneinfassungen (*filets*) u. s. f. die Rändelscheibe, eine auf schwerem Fuss in einer senkrechten Axe leicht drehbare, wagrechte Scheibe von Eisen. Sie ist mit concentrischen, eingeschnittenen Kreisen von wachsendem Durchmesser überzogen, die zum leichten und raschen Centriren der zu verzierenden Stücke dienen, so dass sie hinreichend rund laufen. Indem der Künstler auf das centrirte Stück — namentlich Teller und Untertassen werden so verziert — den Pinsel aufsetzt und mit der andern Hand die Scheibe langsam umtreibt, gewährt die Vorrichtung eine rasche und sichere Ausführung, bei der ein leichtes Ab- und Zugeben der den Pinsel führenden Hand genügt. Die Farben legen sich sogar in dem raschen ungebrochenen Zug gleicher, als von freier Hand. **Rändelscheibe.**

Selbstverständlich vertragen die in Rede stehenden Farben, wenigstens die überwiegende Mehrzahl, nicht die unmittelbare Berührung mit der Flamme, wegen ihrer wechselnden Temperatur sowohl, als Reaction; andererseits stehen diese Farben ihrer Natur nach nicht bei hohen Hitzgraden, sondern verlangen nur mittlere Rothglut. Aus diesen Gründen geschieht das Einbrennen nur unter mittelbarer Wirkung des Feuers in der Art, dass man die bemalten und mit Farben verzierten Waaren in einen ringsum gegen das Feuer geschlossenen Kasten einsetzt und diesen zur Rothglut erhitzt. Diese Kasten, die sogenannten „*Muffeln*“, sind von feuerfestem Thon mit Chamottevorsatz in hölzernen Formen hergestellt, viereckig, von oben mit schwach gewölbter Decke, vier Wände sammt Decke und Boden aus einem Stück von der Form Fig. 189. Die fünfte bewegliche Seitenwand dient als Thür, mittelst eines Falzes im Umfang der Muffel eingepasst; man verstreicht die Fugen mit Thon während des Brandes. In der Mitte der Thür ist ein Rohr *e* angesetzt, welches als Schauloch dient; ein zweites Rohr *f* im Gewölbe dient zur Abführung der Dämpfe (des Terpentinöls etc). Die Muffel ist in einem Ofen so eingemauert, dass sie auf einigen Bogensteinen ruhend, ringsum gegen Wände und Gewölbe des Ofens einen freien Abstand von 5 bis 10 Centimeter hält, zum allseitigen ungehinderten Spiel der Flammen. Die Schüre ist am dienlichsten ein Pultfeuer, und da der Aufwand an Brennstoff nicht erheblich und wenig in Betracht kommt, mit feingespaltenem **Die Muffel.**

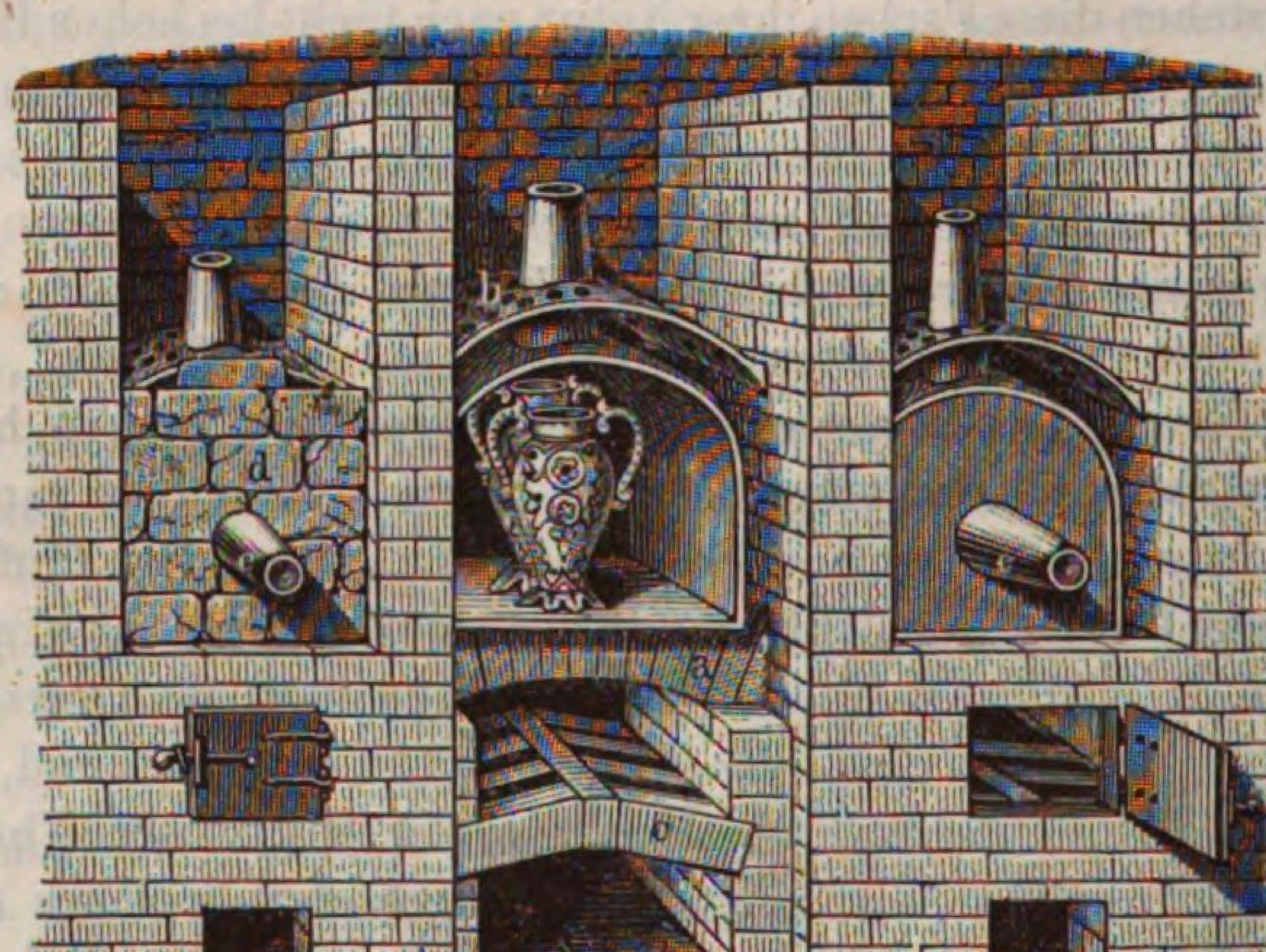
Fig. 189.



Die Muffel; Holz geschürt, also ähnlich wie beim Scharffeuer im Grossen. Die Flamme geht in der Schüre abwärts, verbreitet sich zuerst unter dem Boden der Muffel, erhebt sich dann in den Zwischenräumen zwischen den Wänden aufwärts und sammelt sich endlich über der Decke der Muffel, von wo sie durch einen Fuchs im Ofengewölbe abzieht. Man legt zweckmässig die Schüre zur Seite der Muffel, oder auf deren Rückseite, nicht wie man öfter findet, auf dieselbe Seite mit der Thür der Muffel, wodurch der Brenner unnöthig durch die Hitze belästigt wird. — Holz ist vorzuziehen, doch feuert man auch wohl mit Steinkohlen auf dem Planroste. Mitunter heizt man auch die Muffeln durch Umschütten mit Holzkohle. In grösseren Anstalten hat man mehrere Muffeln, bis zu sechs in einem Ofen neben einander (Fig. 190).

Einsatz; Um das Feuer auszunutzen stapelt man die Waaren möchlichst dicht über einander, so dass sie den Innenraum thunlichst ausfüllen. Damit sich jedoch die bemalten Flächen nicht berühren und die Hitze gleichmässiger den Einsatz durchdringt, trennt man die Waare unter einander durch Zwischenstücke von gebranntem Thon, oder Biscuit, in regelmässigem Aufbau. Insofern die Farben einerseits ihr volles Feuer und vollkommenen Fluss haben müssen, aber über diesen hinaus namentlich

Fig. 190.



durch zu langes Brennen wieder leiden, ist die Beurtheilung vom Gang des Brennens sehr wichtig. Zu ihrer Unterstützung setzt man daher in den weitern Theil des Sehrohrs *e*, Fig. 189, sogenannte „*Wächter*“ mit ein. Es sind dies Porzellanscherben mit einem Fleck jeder im Feuer befindlichen Farbe; zugleich giebt man einen Scherben mit einer Farbe bei (Carmin gewöhnlich), deren allmähliche Entwicklung am besten als Thermoskop

Brennen. dient. — Sowohl zur Schonung der Muffeln, die sehr zum Reissen ge-

neigt sind, als auch zur Schonung des Einsatzes, ist es Regel, langsam anzufeuern und langsam ausgehen zu lassen. Die zum Einbrennen und zur Entwicklung der Farben geeignete Temperatur geht von etwa 600° C. bis zum Schmelzpunkt des Silbers, ungefähr 1000° C. Der Brand dauert je nach der Grösse der Muffeln 2 bis 4 Stunden. Nachdem die Muffel bei geschlossener Feuerung erkaltet, schreitet man zum Ausnehmen. Zwei Erfahrungssätze sind wohl zu beachten. Zunächst, dass die Farben in einer neuen Muffel nicht gut ausfallen; man brennt deswegen zuerst immer einige Einsätze von unbemaltem nur vergoldetem Porzellan, weil letzteres unempfindlich. Ferner das „*Nachbrennen*“ der Muffel; d. h. die Erscheinung, dass die Temperatur mit dem Ausgehen des Feuers nicht sogleich sinkt, sondern noch kurze Zeit nach dem Ausgehen des Feuers steigt. Diese in ihrer Wirkung sehr fühlbare Steigerung ist natürlich beim Ausbrennen in Rechnung zu nehmen.

Um den Zeitverlust zu vermeiden, der mit dem Anheizen und Abkühlen der Muffeln verbunden ist, hat man angefangen in ununterbrochenem Betriebe zu brennen, in der Art, dass in eine fortwährend geheizte Muffel die Waare nach einander eingebracht und nach dem Fluss ausgebracht werde, worauf man sie in einem Nebenraum verkühlen lässt. Dieser Betrieb ist nur für gewöhnliche Verzierungen mit Farben zulässig, nicht für feinere Arbeiten.

Vergoldung und Metallüberzüge.

Keine Verzierung des Porzellans kann sich in ihrer Wirkung mit der Vergoldung messen. Wenn schon bei Verzierungen andrer Art Weiss und Gold sich gegenseitig hebend zusammenstimmen, so ist dies beim Porzellan, gegenüber der weissen Farbe und dem Glanz, in erhöhtem Grade der Fall. Die Vergoldung übertrifft daher in Umfang ihrer Anwendung alle übrigen Verzierungen und umfasst, von den billigsten Spielereien der untersten Stufe der Fabrikation durch das weite Bereich der Gebrauchsgegenstände alles, bis auf die höchsten Kunstleistungen. Die äusserst ansprechende Wirkung für das Auge vereinigt sich mit leichter und sicherer Ausführung, während die ungemeine Theilbarkeit und kaum glaubliche Deckkraft des Goldes um vieles die einzig ungünstige Seite, nemlich die Kostspieligkeit des Metalles, abmildert. Immerhin ist diese letztere der Punkt, um den sich die Verbesserungen drehen.

Durch seine Flüchtigkeit und seine Auflöslichkeit in glasartigen Flüssen schliesst das Gold die Anwendung hoher Temperaturen, insbesondere das Scharffeuer aus. Alle Vergoldungen werden auf dem gargebrannten Porzellan, also auf der Oberfläche der Glasur durch Brennen unter der Muffel angebracht. Dabei sind aber verschiedene, den verschiedenen Zwecken der Praxis entsprechende Arten der Vergoldung im Gebrauch, die sich wesentlich in der Zubereitung des Goldes unterschei- Arten der Vergoldung.

den. Das Gold wird entweder als niedergeschlagenes Metall oder als Goldverbindung in Lösung verwendet. Das niedergeschlagene Gold erscheint nach dem Einbrennen matt und erhält erst in besonderer Arbeit durch Polirwerkzeuge seinen Glanz; dafür bietet es aber die Möglichkeit, den trefflich wirkenden Gegensatz von mattem und spiegelndem Gold beliebig auszubeuten. Die zum Vergolden dienenden Lösungen sind ohne Ausnahme der Art, dass sich das Gold darin unter dem Einfluss eines schon mässigen Hitzgrades reducirt und sogleich als spiegelnder glänzender Ueberzug zurückbleibt, daher die allgemeine Bezeichnung von „*Glanzgold*“ für solche Lösungen. Die Vergoldung mit niedergeschlagenem Gold ist viel dicker, darum auch viel haltbarer, aber auch ungleich kostspieliger als das Glanzgold bei seiner überaus grossen Dünne, welches sich meist schon mit einem Tuch abreiben lässt. Keine, auch die dauerhafteste, Vergoldung hat die Haltbarkeit der Farbenverzierungen; namentlich bei Gebrauchsgegenständen, die öfter gereinigt und getrocknet werden, ist die Abnutzung nur zu rasch sichtbar. Wenn die Vergoldung mit niedergeschlagenem Gold ohne Vergleich haltbarer ist als die Glanzvergoldung, so hat dies seinen Grund darin, dass sie nicht nur dickere Lagen, sondern auch mittelst eines Flusses auf der Glasur befestigt ist, während die unsäglich dünnen Schichten der Glanzvergoldung lediglich mittelst der Adhäsion des reducirten Metalls haften.

Gefälltes Gold.

Was das niedergeschlagene Gold betrifft, so fällt dies, je nach der Art der Fällung des Goldchlorids, bald massiger, bald zertheilter aus und hat insoweit einen sehr verschiedenen technischen Werth. Bekanntlich werden Lösungen von Goldchlorid, gleichviel ob sauer oder nicht, von schwefelsaurem Eisenoxydul (auch in der Verdünnung) vollständig ausgefällt. Der gewaschene Niederschlag ist metallisches Gold, matt, braun, aber die dichteste Form der Goldfällungen und liefert die dauerhafteste Vergoldung. In der That ist der Niederschlag etwas dichter als die technische Anwendung verlangt, man pflegt daher das gefällte Gold mit mehr oder weniger rothem Quecksilberoxyd zu versetzen, der Billigkeit wegen. Das Quecksilberoxyd dient als blosses Verdünnungsmittel und verflüchtigt sich beim Einbrennen. In den meisten Fabriken hat diese Vergoldung, in Folge des Dranges nach wohlfeiler Waare durch den Wettbewerb, dem billigern Weg der Niederschlagung des Goldchlorids durch salpetersaures Quecksilberoxydul weichen müssen. Bei der Fällung kommt es darauf an, zunächst eine möglichst oxydfreie Lösung des Quecksilbers in Salpetersäure durch Vermeidung überflüssiger Wärme herzustellen, dann die Quecksilberlösung und die auf gewöhnliche Art hergestellte Lösung von Goldchlorid beide auf 100° C. erwärmt zusammenzugiessen. Der gewaschene Niederschlag ist ein violettschwarzes äusserst feinzertheiltes Pulver. Je vollständiger die Ausfällung, um so leichter bildet sich dabei Quecksilberchlorür, welches sich dem Niederschlag beimischt ohne übrigens anders als durch Störung der Rechnung zu schaden. Mit solchem Goldniederschlag reicht man beträchtlich weiter

als mit dem durch Eisenvitriol; 1 Grm. Gold reicht zu 4 bis 5 Dutzend Tassen mit 2 Centimeter breitem Goldreifchen.

Niedergeschlagenes Gold aller Art bedarf, wie die Farben, vor dem Auftragen noch eines Zusatzes, um es bei dem Brennen auf die Glasur zu befestigen. Dieser Zusatz ist der weisse Niederschlag, den salpetersaures Wismuth mit vielem Wasser liefert, das basische salpetersaure Wismuth, im Verhältniss von 5 bis 8 Procent des Goldes; auch setzt man wohl etwas weniges Borax ($^3/_4$ Proc.) zu. Bei der Präparation des Goldes und Wismuthsalzes ist die Einmischung von fremden Metallen, namentlich Kupfer, zu vermeiden.

Auftragen und Einbrennen.

Das Goldpräparat wird zum Behuf des Auftrages mit Terpentinöl oder Spiköl abgerieben, was mit einer gewissen Leichtigkeit in der Führung des Reibers, mit einigem Geschick geschehen muss, weil das fast molecular zertheilte Gold sich sonst sehr leicht zu glänzenden Blättchen zusammendrückt. Das abgeriebene Gold bildet dann einen braunen Firniss und wird ebenso wie die Farben auf Porzellan mit dem Pinsel behandelt und eingebrannt. Wie erwähnt, kommt es in Form eines mehr oder weniger gelbbraunen, matten und fest anhaftenden Ueberzuges aus dem Feuer.

Mattes Gold.

Das matte Gold ist künstlerisch gut verwerthbar, aber für diesen Fall nicht leicht zu vollkommener Befriedigung zu erzielen. Die matte Vergoldung muss sich, soll sie als solche Verwerthung finden, vor allem dem Auge ohne weiteres und sofort als Gold zu erkennen geben, denn zuweilen hat sie, aus übertriebenem Mangel an Glanz, das Ansehen von gelbem Ocker. Der metallische Eindruck ist nur möglich durch einen leisen Anfang von Glanz. Diesen und die zu einer guten Wirkung erforderliche Gleichheit des Korns erhält man durch einen starken Zusatz von dickem Terpentinöl und Brennen bei höherer Temperatur. Meist werden in das Matt Zeichnungen mittelst halb- oder vollglänzender Linien ausgeführt. Soll das Gold wie gewöhnlich nicht matt, sondern glänzend erscheinen, so muss es polirt werden, durch Abreiben mit polirten Achaten (Vorpolitur) und polirtem Blutstein (Nachpolitur). Auch dazu gehört Uebung und Geschick, um so mehr, als das Gold immer eine oft bedenkliche Neigung hat vom Porzellan abzugehen und am Werkzeug zu haften. Es ist gut, um dies zu verhindern, von Zeit zu Zeit damit über ein Stück Seife zu streichen. Nach dem Poliren überfährt man das Gold sanft mit Leder und etwas sandfreier Schlämmkreide. Glänzende Vergoldung der in Rede stehenden Gattung ist nur soweit möglich als man die betreffende Fläche mit dem Polirstahl erreichen kann; in sehr einspringenden Winkeln etc. ist nur Glanzgold anzubringen.

Glanzgold.

Das Glanzgold ist ums Jahr 1830 in Meissen aufgekommen; es bildet eine rubinrothe aromatisch nach Balsam und Terpentinöl riechende Flüssigkeit, in der alle Bestandtheile vollkommen gelöst sind. Seitdem sind viele ähnliche Zubereitungen erfunden und in die Praxis eingeführt worden. Gewöhnlich sind sie ganz flüssig ohne weiteres anwendbar, oder sie müssen verdünnt, oder endlich erst durch Abdampfen concentrirt

Glanzgold.

werden; seltener kommen sie in Form von Pflaster oder Teig in den Handel. Mit dem Pinsel auf Porzellan aufgetragen, hinterlässt das Glanzgold nach der Verdunstung des Flüssigen einen kastanienbraunen, aber durchsichtigen Firniss, der beim Erhitzen, meist schon in der Lichtflamme, sich anfangs schwärzt und dann als eine blanke Goldfläche das Porzellan überzieht mit einem Spiegel, wie er durch Poliren nicht zu erzielen ist. Mehrere Goldverbindungen (Goldchlorid, Schwefelgold, Knallgold) besitzen die Eigenschaft, sich in gewissen organischen Verbindungen (ätherische Oele und Balsame, Schwefelbalsame, Chloroform u. s. w.) zu wahren Lösungen zu vereinigen, die mehr oder weniger leicht in der Hitze Metallspiegel bilden. Demnach hat es keine Schwierigkeit im Allgemeinen eine Lösung herzustellen, die in der Hitze einen Goldspiegel liefert, um so schwerer aber, ein brauchbares Glanzgold zu erzeugen, denn die meisten Lösungen enthalten zu wenig Gold, um einen hinreichend deckenden Spiegel zu liefern, sie sind meistens geneigt beim Aufbewahren, im Lichte u. s. w. Gold in Flittern abzusetzen, sie sind unzuverlässig. Ein gutes Glanzgold soll etwa 10 Proc. Gold enthalten; die Vorschriften dazu sind so leicht geheim zu halten und so gewinnbringend, dass keine brauchbaren bis jetzt bekannt geworden. Eine der besten Glanzvergoldungen ist die von Bergeat in Passau: eine kreisförmige Fläche von 5,7 Centimeter Durchmesser damit überzogen hinterliess nach dem Trocknen 0,0125 Grm. trockne Vergoldung und nach dem Brennen 0,002 Grm. Gold; darnach enthält die eingetrocknete Lösung 16,1 Proc. Gold und würde ein Spiegel von 1,276 Quadratmeter Vergoldung 1 Grm. wiegen.

Verzierung durch Druck.

In Rückwirkung der Fabrikation der feinen Fayence (siehe dieses) hat auch bei dem Porzellan die Verzierung in Farben, ganz besonders aber in Vergoldung, mit Vervielfältigung durch Druck Eingang gefunden. Es sind lineare Darstellungen, als Einfassungen etc., Vignetten u. dergl., vorzugsweise geeignet, weniger eigentlich malerische Gegenstände, obwohl auch diese nicht gerade ausgeschlossen. Das Verfahren umfasst die Zeichnung durch Stich in Kupfer oder auf Stein, Abdruck auf Papier und Uebertragung vom Papier auf die Fläche des Geschirrs. Die Druckfarbe ist statt der gewöhnlichen Schwärze eine Porzellanfarbe oder Vergoldung, die dann eingebrannt wird wie gewöhnlich. Insofern die Zeichnung auf den ebenen Flächen der Kupfertafeln oder des Steins und des Papiers ausgeführt ist, lässt sie sich auch nur auf ebenen oder einfach gekrümmten Porzellanflächen ganz correct übertragen, oder darf doch bei doppelt gekrümmten Flächen nur sehr kleine Dimensionen haben. Die Bestrebungen, die Photographie mit Druckverfahren wie Lithographie und Xylographie zu verbinden, haben sich neuerdings auch auf die Verzierung des Porzellans und ähnlicher Producte ausgedehnt. Auf dünne Blätter von Collodium oder Gelatine mit doppelt chromsaurem Kali erzeugte Lichtbilder, für die Aufnahme von Porzellanfarben empfänglich gemacht, werden so auf die zu verzierende Fläche übertragen, dass die Farbe (oder

das Metall, Gold etc.) nach dem Einbrennen das Bild abgiebt. Die Processe sind noch viel zu umständlich, schwierig und theuer bei dem immer untergeordneten Werthe der Darstellung.

Lüstres etc.

Andere Metallüberzüge als Vergoldung, nemlich Versilberung, Verplatinirung und sogenannte Metalllüstres, d. h. äusserst dünne Metallüberzüge, die zugleich eine Farbe und Metallglanz zeigen (Rosa und Gold z. B. bei Goldlüstre) kommen beim Porzellan wenig vor, wo sie von mittelmässiger Wirkung sind. Sie spielen eine Rolle bei Fayence und feinem Steinzeug, wo von ihnen die Rede sein wird. Die Metalllüstres namentlich, nur als Oberflächenfärbung, nicht zur Malerei brauchbar, eignen sich nur gut auf weichen bleiischen Glasuren. — Eine wesentlich verschiedene Art von Verzierung, oft ebenfalls Lüstre, besser und gewöhnlicher irisirender Ueberzug genannt, findet sich neuerdings häufiger als schön perlmutterglänzender Ueberzug mit oder ohne Farben. Das salpetersaure Wismuth zeichnet sich aus durch die Eigenschaft, in passender Weise auf Porzellan aufgetragen und eingebrannt, solche Ueberzüge zu bilden. Es soll mit Harz zusammengeschmolzen und in Lavendelöl gelöst angewendet werden; mit Farben versetzt ertheilt es auch diesen den Perlmutterglanz. Endlich will man auch mit Bleioxyd bei gleicher Behandlung eine ähnliche Wirkung erzielt haben. Nach anderen Angaben soll sie auch durch Einwerfen von Zinnchlorid in die Muffel beim Einbrennen der Farben hervorzubringen sein.

Gesundheitsgeschirr.

Allgemeines.

Im Jahre 1790 ist in Charlottenburg bei Berlin unter den etwas affectirten Namen „*Gesundheitsgeschirr*“ (Sanitätsgeschirr) eine billigere und geringwerthige Sorte Porzellan aufgekommen, die sich durch einen Zusatz von weissem plastischen Thon zu der Masse des Feldspathporzellans unterscheidet. Durch diesen Zusatz bildet die Waare den Uebergang zu dem Steinzeug und kann billiger hergestellt werden als ächtes Porzellan, mit dem es den Vorzug der Festigkeit und Dauer in vollem Masse theilt. Die Kostspieligkeit des ächten Porzellans liegt vorzugsweise im Brand, weit weniger in der Herstellung der Masse; das Gesundheitsporzellan erspart nichts im Brand, stellt sich aber billiger in der Masse, insofern der Thonzusatz ein billigeres Rohmaterial, und billiger im Drehen und Formen, weil er die Masse plastischer macht. Im Ganzen genommen steht die Ersparniss nicht recht im Verhältniss zur Einbusse an Schönheit der Waare. Das Gesundheitsgeschirr ist nemlich von unreiner ins Graue gehender Farbe und kaum noch durchscheinend, so dass es unfrisch und schwer, von ungünstigem Ansehen erscheint, um so mehr, je stärker der Zusatz an plastischem Thon, also je billiger die Masse.

Die Fabrik zu Charlottenburg ist lange Zeit vom Staat betrieben worden; nachdem der Staat den Betrieb vor einigen Jahren aufgegeben,

ist derselbe von Schomburg in Alt-Moabit wieder aufgenommen worden. — Auch in Frankreich hat eine ähnliche Waare (Porcelaine argileuse) Eingang gefunden.

Masse. Selbstverständlich wählt man plastische Thone, die möglichst wenig färbende feuerbeständige Theile, namentlich Eisenoxyd enthalten, so z. B. in französischen Fabriken einen Thon von Abondant, bestehend aus:

Kieselerde	Thonerde	Eisenoxyd	Gebundenes Wasser
50,60	35,20	0,40	13,10 = 99,30 Gewichtstheile,

meist ist der Eisengehalt grösser, woher die graue Farbe.

Nach Kolbe arbeitete man in Charlottenburg nach folgenden Vorschriften:

Masse.		Glasur.	
Kaolin	46,0	Sand	42
Plastischer Thon	37,5	Kaolin	33
Feldspath	16,5	Roher Gyps	13
	100,0 Gw.-Thle.	Unglasirte Scherben	12
			100 Gw.-Thle.

Formung und Brand weichen nicht wesentlich von den gleichnamigen Arbeiten bei dem ächten Porzellan ab. Bsi der Unansehnlichkeit der Waaren und ihrer Bestimmung zu Zwecken, wo es besonders auf Wohlfeilheit ankommt, wie Apôthekerkruken u. s. f., bietet sie wenig Feld für Verzierung in Farben oder Gold.

Fritteporzellan.

Geschichte. Bei der Geschichte des harten Porzellans ist angemerkt worden (S. 279), dass der Erfindung des letztern durch Böttiger bereits Nachahmungen voraus gingen. Diese Nachahmungen konnten, bei der Unbekanntschaft der damaligen Zeit mit dem wesentlichsten Bestandtheil des chinesischen Porzellans, dem Kaolin, nicht auf ein gleichwerthiges, sondern nur auf ein äusserlich ähnliches Erzeugniss führen; in der That waren sie nur auf die Wiedergabe des Ansehens, nemlich des Glanzes, der Farbe und der Durchsichtigkeit, gerichtet und erreichten diesen Zweck bis zum Uebertreffen des Vorbildes, blieben aber, was Haltbarkeit und Widerstand gegen den Angriff von Stoss, Reibung, Temperaturwechsel u. s. w. betrifft, weit hinter demselben zurück. Die zunächst aus diesem Bestreben hervorgegangene Waare ist die um das Jahr 1695 aufgekommene französische Art des Fritteporzellans, die jedoch erst in den Jahren 1727 bis 1751 in den um Paris liegenden Orten St. Cloud, Vincennes, Sceaux, also nach der Erfindung Böttiger's, zur eigentlichen

Entwicklung kam. Nach Rohstoff und Bestand mehr dem Glase verwandt, hat sie mit den Thonwaaren nur das Glasiren, Formen sowie die Verzierung gemein. Eine wesentliche Wendung nahm die Fabrikation des Fritteporzellans mit ihrem Aufkommen in England, wo sie zuerst 1745 in Chelsea erscheint und 1772 auf dem classischen Boden der englischen Töpferei, in Staffordshire, Eingang fand. Diese Wendung bestand in einem Einlenken der Fabrikation rückwärts ins Bereich der eigentlichen Thonwaaren. Denn während das französische Fritteporzellan keinen Zusatz von Thon zu seiner Masse erhielt, treten Thon und sogar Kaolin als wesentlicher Bestandtheil in das englische ein, denen im Jahre 1800 die nicht minder wichtige Einführung der Knochenasche durch Spode folgte. Natur.

Die Verbreitung der Fabrikation des chinesischen Porzellans nach der Erfindung Böttiger's, die in England nie recht Fuss gefasst, drängte das Fritteporzellan in Frankreich lange Zeit stark in den Hintergrund. In der neuesten Zeit hat die Fabrikation des Fritteporzellans und zwar des englischen wieder einen starken Aufschwung genommen; die Eigenschaften, die es auszeichnet, nemlich die grössere Leichtflüssigkeit, billigere Herstellung mit weniger Ausschuss, dabei grosse Leichtigkeit und ein dem Auge ungemein wohlgefälliges Ansehen sind es, die ihm die Gunst der Erzeuger sowohl als des Marktes zugewendet. Es wird gegenwärtig in grossem Maassstab nicht nur in England und Frankreich, sondern auch in Böhmen und Schlesien fabricirt.

Das Fritteporzellan beiderlei Art hat mit dem ächten Porzellan den durchsichtigen Scherben gemein, erhält aber stets eine weichere bleiische in einem besondern Feuer aufzubrennende Glasur. Beide Arten sind in diesem Betreff am meisten von dem echten Porzellan verschieden.

Französisches Fritteporzellan.

Die Masse besteht aus einer sogenannten „*Fritte*“ mit einem Zusatz von Mergel und Kreide. Die Fritte ist ein mit Kieselerde stark übersetzter Glassatz; nach den älteren Vorschriften aus Sand, Gyps, Alaun, geschmolzenem Kalisalpeter, Soda und Kochsalz; nach neuerer Art einfacher aus Sand, Kalk, Potasche, Soda und Biscuitscherben (gebrannter Masse). Diese Materialien innig gemischt und im Gutbrandofen eingesetzt, backen (fritten) und sintern soweit zusammen, dass die Alkalien der Soda und Potasche hinreichend gebunden werden von der Kieselerde, um nachher beim Mahlen der Masse mit Wasser dem Auslaugen zu widerstehen. Dies ist der Hauptzweck des Frittens; bei der früher gebräuchlichen Mischung kam noch die Reinigung von Eisenoxyd (des Sandes etc.) hinzu: das Eisenoxyd bildet nemlich mit dem Kochsalz im Feuer Eisenchlorid, welches sich verflüchtigt, zum kleinern Theil an der Oberfläche der Fritte ansetzt und von da beseitigt wird. In Sèvres versetzte Die Masse.

Die Masse. man die Fritte in verschiedenen Verhältnissen mit den beiden anderen Zusätzen, etwa in folgenden Grenzverhältnissen:

Fritte	75	75
Mergel	17	8
Kreide	8	17
	100	100

entsprechend im Mittel

Kieselerde	76
Thonerde	2
Kalk	16
Natron, Kali	5
	99

Die ältere Masse enthielt nur soviel Thonerde, als durch den Zusatz von 3 bis 4 Procent Alaun hineinkam, die vorstehenden neueren dagegen einige Procente wirklichen Thon als Bestandtheil des Mergels. Nachdem die Fritte zerkleinert und zur Entfernung eines etwaigen Restes löslicher Salze mit siedendem Wasser ausgewaschen ist, setzt man die ebenfalls zerkleinerte Kreide und den Mergel zu und verarbeitet das Ganze auf den Massemühlen.

Formung. In Ermangelung des Thons hat eine solche Masse an sich kein Bindevermögen; es muss ihm dieses vielmehr durch einen besondern Zusatz von klebenden Stoffen (Schmierseife, Leim, Traganth) in dem Grade beigebracht werden, dass das Formen möglich wird.

Das Formen geschieht in Gypsformen, wie bei dem ächten Porzellan, nur von grösserer Wandstärke; für offene Gegenstände oft mit Hülfe eines Kerns zur Verdichtung der Masse an die Formwände. Ganz besonders eignet sich für Fritteporzellan das Giessen, namentlich nach der neuern in Sèvres aufgekommenen Art mit Beihülfe von Luftdruck. Die Gypsform ist in ein blechernes Gehäuse luftdicht eingesetzt; durch Auspumpen der Luft aus dem Zwischenraum entsteht ein Ueberdruck der Atmosphäre auf die in die Gypsform eingegossene Masse, welcher das Wasser unter starker Verdichtung der letztern in die Poren der Form treibt. Die geformten Stücke werden nach dem Trocknen noch mit dem schneidenden Geschirr abgedreht.

Brand und Glasur. Alle Waaren, sofern sie nicht als Biscuit, sondern als glasurte in den Handel kommen, erhalten zwei Feuer, zuerst zum Brennen des Scherbens, dann ein zweites zum Einbrennen der Glasur.

In den früheren Stadien der Fabrikation kennt man nur einfache Bleiglasur aus Sand, Mennige und Potasche. Inzwischen ist der Zusatz von Borax oder Borsäure, eine ebenfalls von England ausgegangene sehr werthvolle Verbesserung, allgemein angenommen, z. B.:

Sand	34
Mennige	56
Borax	8
Salpeter	2
	100

Die Mischung wird meist erst für sich und mit einem Theil Mennige geschmolzen, dann zermahlen und mit dem Rest der Mennige nochmals geschmolzen. Da die vom Biscuitbrand kommende Masse bereits im Scherben geflossen und dicht ist, also nicht saugt, so kann die Glasur nicht wie beim harten Porzellan, sondern nur durch Angiessen aufgesetzt werden.

Der Brand der glasirten und der rohen Waare lässt sich in ein und demselben zweistöckigen Ofen ausführen, wo jene das obere, die rohe Waare das untere Feuer einnimmt; oder in zwei verschiedenen Oefen. Der Brand ist wegen der in Bezug auf Farbe und Frische empfindlichen Bleiglasur schwierig und kann nur sehr langsam geschehen. Er dauert 3 bis 4 Tage. Die Waare befindet sich in Kapseln eingesetzt; für die glasurte Waare müssen diese inwendig glasirt sein, weil sie sonst den ersteren die Glasur (durch Verflüchtigung von Bleidämpfen) rauben.

Die Glasur der gar gebrannten fertigen Waare ist, namentlich seit der Anwendung des Borax, die härteste und strengflüssigste Bleiglasur in der gesammten Töpferei, aber doch in diesen Eigenschaften erheblich gegen die des Porzellans chinesischer Art zurückstehend.

Englisches Fritteporzellan.

Gegen das französische Fritteporzellan ist das englische als ein ganz entschiedener Fortschritt zu betrachten. Zu den Eigenschaften, die dem Fritteporzellan überhaupt angehören, zur rein weissen Farbe der Masse, dem dünnen Scherben, dem Feuer und der Frische, die die Farbenverzierungen auf dieser Waare entwickeln, kommen noch der wohlfeilere Brand und manche eigenthümliche Vorzüge hinzu, nämlich viel grössere Plasticität, also billigere Formung, geringere Neigung sich im Feuer zu verbiegen und Haarrisse zu ziehen. Die höhere Plasticität verdankt es vornehmlich dem starken Verhältniss von Kaolin (und plastischem Thon) in der Mischung der Masse; denn nach den Analysen der gebrannten Masse ist der Gehalt an Thonerde ganz eben so gross wie bei dem ächten Porzellan. Ausserdem ist ein Theil des Flussmittels, nemlich die Knochenasche, nicht kurz und sandig wie Glasfritte und Feldspath, sondern eher thonartig und selbst etwas bildsam. Zugleich bedingt die Knochenasche, die zu den emailbildenden Körpern gehört, Weisse neben ziemlicher Durchsichtigkeit der Masse; ferner bei gutem Stehen im Feuer ein Zusammenstimmen im Verhalten des Scherbens zur Glasur, als Folge davon Vermeidung von Haarrissen. Ein in praktischer Beziehung nicht minder hoch anzuschlagender Vortheil besteht darin, dass das englische Fritteporzellan in dem Brande mit dem Fayence oder Steingut zusammengeht, so dass es mit diesem in demselben Ofen gleichzeitig eingesetzt und gebrannt wird. Mit grösserer Wohlfeilheit in der Herstellung vereinigt das englische Fritteporzellan, im Vergleich mit dem

Eigenschaften.

harten Porzellan, grössere Leichtigkeit und Zierlichkeit der Formen; durch die eigenthümliche Reinheit und Weichheit der Farbe im Verein mit der grössern Durchsichtigkeit, ein ungleich gefälligeres Ansehen, schönere Wirkung der plastischen und Farbenverzierungen bei einem Verhalten, welches den Anforderungen des Gebrauchs im täglichen Leben noch vollkommen und zu Kunstsachen sogar ausgezeichnet entspricht. In der That liefert das Knochenerdeporzellan ein Biscuit, welches die gleichnamigen Erzeugnisse des harten Porzellans weitaus in Schatten stellt. Nur in einer Richtung bleibt das harte Porzellan unersetzbar, nämlich da, wo es besonders auf Widerstand gegen Temperaturwechsel und chemische Einwirkung ankommt, so vorzugsweise bei chemischen Geräthen.

Cornish stone.

Was die Materialien anlangt, so bedient man sich als kieseligen Versatzes des gebrannten und gemahlenen Feuersteins (S. 22). Das zweite Hauptmaterial machen die der englischen Töpferei eigenthümlichen und darin eine so grosse Rolle spielenden Producte von Cornwall, „*Cornish stone*“ und der „*China clay*“ aus. Cookworthy von Plymouth hat zuerst (im Jahre 1768) auf dieses Vorkommen aufmerksam gemacht, welches seitdem Gegenstand einer umfassenden Ausbeutung in den Kirchspielen St. Denis, St. Stephens und St. Austell geworden. Mitten in den Graniten dieser Region, welche neben den gewöhnlichen Gemengtheilen noch Talk, Diallage und Hornblende führen, finden sich reinere Massen in 6 bis 9 Meter Tiefe unter der Oberfläche in einem mehr oder weniger zersetzten Zustande. Diese reineren Granite, deren Feldspath soweit verwittert ist, dass der Zusammenhang des Gesteins einigermaassen gelockert erscheint, sprengt man mit Pulver und verschifft sie als „*cornish stone*“. Sie bestehen aus halbverwittertem Feldspath, gelblichweiss von erdigem Ansehen, der noch ziemlich viel Kali enthält, aus Quarz in stumpfen ins Bläuliche ziehenden Körnern und wenigen sehr dünnen silberglänzenden Glimmerblättchen, sind aber frei von Diallag und Hornblende, die ihn durch ihren Eisengehalt zu den Zwecken der Töpferei unbrauchbar machen würden. Durch Brennen nimmt der *cornish stone* eine perlweisse Farbe an und lässt sich dann leicht mahlen. Die Gruben drohen mit Erschöpfung gegen den Schluss dieses Jahrhunderts hin. — An anderen den Atmosphärilien zugänglicheren Stellen ist der reinere Granit bis zum gänzlichen Verlust seines Zusammenhangs durchgewittert, sein Feldspath völlig in Kaolin verwandelt. Dieses Material, bald nahe bald 18 bis 36 Meter unter der Oberfläche liegend, wird auf diesen Kaolin — den *china clay* — verwaschen. Nach dem Abheben der Erddecke, die man zum Planiren der Trockenflächen verwendet, stampft man die verwitterte Masse unter einem Wasserstrahl zu einer Art Schlempe an, die durch Pumpen gehoben, durch eine Reihe stufenweise aufgestellter Schlämmkasten (3 bis 6 Meter lang bei 3 Meter Breite) läuft, worin sie die groben abzuscheidenden Gemengtheile fallen lässt. Der Strom ist mit Sorgfalt und zwar so zu regeln, dass sich der Glim-

mer vollständig aber noch möglichst wenig von dem thonigen Theil absetzt. Alle 6 bis 7 Stunden müssen die Schlämmkasten von dem Bodensatz entleert werden. Der Inhalt des ersten Kastens — viel Glimmer, mit auch dem reineren Granit hie und da beigemengter Hornblende und Diallage — wird über die Halde gestürzt; der Inhalt der folgenden Kästen ist ein weniger reiner Thon, der ausgestochen als zweite Qualität in den Handel kommt. Was in den Schlämmkästen nicht zurückbleibt, ist der reinste Thon und sammelt sich in einer 3 Meter weiten und eben so tiefen Grube. In dem Mass als es sich darin allmählich zu Boden setzt, zieht man die an der Oberfläche gebildete Schichte klares Wasser ab und füllt wieder mit Schlempe auf. Ist die Grube so nach und nach mit Thonabsatz gefüllt, so wird dieser ausgehoben, in Kasten vertheilt und zum Trocknen hingestellt. Nach 3 bis 4 Monaten hat die Masse so viel Zusammenhang, dass sie sich in Würfel zu 1 Cubikfuss schneiden lässt, die in der warmen Jahreszeit auf dem Plan aufgestellt und, wenn lufttrocken, versendet werden.

Der „*china clay*“ ist höchst zart mit feinsten Talkblättchen, von schöner Weisse mit einem nicht unangenehmen Stich ins grauliche, schmilzt erst bei dem Schmelzpunkt des Platins und brennt sich bei dem Schmelzpunkt des Gussstahls rein weiss. Sein Bindevermögen ist nach Bischof = 3. Salvetat fand bei der Analyse einer Probe: China clay.

Kieselerde	48,35 Proc.	Uebertrag	86,06 Proc.
Thonerde	36,00	Kalk	Spur
Eisenoxyd	0,75	Bittererde	Spur
Alkalien	0,96	Wasser	13,00
	86,06 Proc.		99,06 Proc.

Neben dem Kaolin verwendet man auch wohl plastischen Thon zur Masse.

Der kennzeichnende Bestandtheil der Masse sind die phosphorsäurehaltigen Rohstoffe, in erster Linie die Knochenasche. Nach Ansicht der Praktiker, wohl mehr als blosses Vorurtheil, sind die Knochen der verschiedenen Thiere nicht gleichwerthig und zwar Ochsenknochen entschieden vorgezogen, während die Pferdeknochen namentlich aber Schweineknochen die Weisse der gebrannten Masse beeinträchtigen sollen. Nach dem Entfetten brennt man die Knochen entweder erst zu Kohle, wenn man den Theer etc. als Nebenprodukt gewinnen will, und die Kohlen zu Asche, oder man brennt die entfetteten Knochen direct zu Asche an der Luft. Die rohe Asche, die stets noch mehr oder weniger beigemengte Kohle enthält, muss für die Anwendung zu Masse erst durch eine besondere Calcination in Flammöfen verbreitet, d. h. von der Kohle gänzlich befreit werden. — Statt der Knochenasche soll neuerdings viel Apatit aus den spanischen Gruben von Estremadura gebraucht werden; er enthält im Durchschnitt 93 Proc. phosphorsauren Kalk, 3 Proc. kohlen- Knochenasche.

sauren Kalk und 4 Proc. Kieselerde. Ziemlich ebenso ist der Bestand des bekannten Minerals von der Insel Sombrero, welches man ebenfalls empfohlen hat.

Vorbereitung.

Der „*china clay*" kommt schon fertig geschlämmt aus Cornwall; der cornish stone und der Feuerstein durch Ablöschen mürbe gemacht, werden auf den später zu beschreibenden Mühlen gemahlen und mit der Knochenerde auf Masse verarbeitet. Nach englischer Art bringt man die Masse durch Wärme auf die zum Formen nöthige Consistenz und zwar in den gleichfalls später zu beschreibenden Oefen (slip kilns); für den vorliegenden Fall des Knochenerdeporzellans giebt man den Kilns ein Futter von starken Gypsplatten, die das Wasser aufsaugen; man unterstützt die Aufsaugung durch Erwärmen bei einer mässigen Temperatur unter der Siedhitze, auch zum Trocknen des Gypsfutters dienend. — Was die Zusammensetzungen der Masse anbelangt, so sind darüber keine verlässigen Vorschriften bekannt geworden und finden sich in der neuesten Literatur immer noch diejenigen, die Brogniart vor 30 Jahren bekannt gemacht und schon viel früher gesammelt hat. Ohne Zweifel hat sich seitdem aber Vieles geändert in der Fabrikation; so scheint man besonders neuerdings viel weniger phosphorsauren Kalk und mehr China clay zu nehmen als früher. Nach den Vorschriften von Brogniart nahm man 30 bis 50 Procent Knochenasche zur Masse; bei der Analyse von gebranntem Porzellan einiger Proben vier Jahre später erhielten die englischen Chemiker *):

Mischungsverhältnisse.

	Couper.		Crichton.
	1.	2.	3.
Kieselerde	39,88	40,40	39,68
Thonerde	21,48	24,15	24,65
Phosphorsauren Kalk *)	26,44	15,32	15,39
Kalk	10,06	14,22	14,18
Bittererde	—	0,43	0,31
Alkalien und Verlust	2,14	5,28	5,79
	100,00	99,80	100,00

*) Etwas eisenhaltig.

Dagegen erhielt man bei der Analyse eines Bruchstücks (eine Vase) von 1871 nur 3,67 Proc. Phosphorsäure, entsprechend 8,0 Proc. dreibasischem Kalksalz. Das Porzellan der obigen Proben (1, 2, 3) war angeblich nur aus Feuerstein, cornish stone und china clay mit Knochenasche hergestellt ohne weitern Zusatz; wenn der phosphorsaure Kalk in der Analyse als dreibasischer berechnet ist, so sieht man nicht, woher der grosse

*) Ob mit oder ohne Glasur ist nicht ausdrücklich angegeben, doch würde die Glasur einen Gehalt an Blei und Borsäure ergeben haben.

Ueberschuss von Kalk (10 bis 14 Proc.) kommt, denn die Materialien von Cornwall enthalten nur Spuren davon. — Auf jeden Fall arbeiten die verschiedenen Fabriken nach mannichfach abgeänderten Vorschriften.

Formen und Brennen.

Wie die Fabrikation des englischen Knochenerdeporzellans überhaupt in die Fayencefabrikation so zu sagen hineingepasst ist, so fallen auch beide Gattungen in Bezug auf das Formen und Brennen zusammen. Der Brand ist, wie bei der gleichnamigen französischen Waare, ein besonderer für die unglasirte Waare und ein besonderer für das Einbrennen der Glasur. Beides geschieht in demselben Ofen gleichzeitig mit Fayence; der Brand für die unglasirte Waare erfordert mehr Feuer und dauert länger, als der der glasurten Waare. Zum Einsatz dienen Kapseln aus zweierlei Thon der Kohlenformation mit sehr grober Chamotte; der Hitzgrad beim Brennen — beträchtlich niedriger als beim harten Porzellan — sowie die geringere Neigung der Waare zum Verziehen und Sinken im Feuer, gestatten einen weniger umständlichen Einsatz bei ungleich vollkommener Ausnutzung des Brennraums. Am meisten gilt dies für die unglasirte Waare, wo das Ankleben durch die Glasur wegfällt; man setzt z. B. eine grössere Anzahl Teller in eine und dieselbe Kapsel und stapelt sie ohne Zwischenböden aufeinander, denn es genügt blosses Einstreuen von Sand (zerknirschter Feuerstein) zwischen die einzelnen Teller. Schwerere Stücke, wie Terrinen etc., setzt man verkehrt auf eine Zarge ein, sie halten sich so natürlich besser, weil dann die Ausladung des Bauches unschädlich wird. Beim Brennen der glasurten Waare verfährt man ähnlich, nur können dann selbstverständlich nicht mehrere Stücke auf einander gestellt werden; für Teller z. B. stapelt man in den Kapseln bewegliche Zwischenböden mit Füssen aufeinander, die eben soviel Raum zwischen sich lassen, dass ein Teller Platz findet. Stützen u. dergl. sind kaum erforderlich.

Glasur.

Die Glasur setzte man früher aus Feuerstein, Flintglas, Mennige und Soda zusammen; heutzutage mit ausgezeichnetem Erfolg aus diesen Rohstoffen mit Cornish stone und Borax. Sie ist demnach eine bleiische Feldspathglasur, giebt im Fluss einen ausgezeichneten Spiegel, bei ziemlich grosser Härte und ist, da sie sehr gut zum Scherben stimmt, nicht zu Haarrissen geneigt. Das Auftragen geschieht mittelst Eintauchen.

Parian.

Geschichtliches.

Unter den Vorzügen des englischen Knochenerde-Porzellans ist der hervorragendste seine Befähigung zu plastischen Darstellungen als Biscuit. Wie bei dem harten Porzellan sucht man auch hier durch Ab- und Zugeben in der Mischung und durch besondere Zusammensetzung die förderlichen Eigenschaften weiter zu entwickeln und dem Kunstzweck anzupassen. Gestützt auf die günstige Natur des Knochenerde-Porzellans führten diese Bestrebungen zu der unter dem Namen „*Parian*" *) bekann-

*) Anspielung auf den Marmor von Paros.

ten, im Jahre 1848 aus der Werkstätte von Copeland (insbesondere des dort thätigen Künstlers Battam) hervorgegangenen Biscuitmasse, mit der keine verwandte Gattung den Mitbewerb auszuhalten vermag. Während es kaum gelingt, dem Biscuit aus hartem Porzellan das Kalte im Ton, das Trockne im Ansehen, einigermassen zu benehmen und einen Schweiss (S. 305) zu erzielen, der zwischen dem Kalkigen und Gleissenden die Mitte haltend, sich dem Marmorartigen einigermassen nähert; so entwickelt das Parian in freigebigster Weise in Farbe, in Ton und durchscheinender Aufgeschlossenheit eine Wärme und eine dem Auge schmeichelnde ansprechende Beschaffenheit, die zur künstlerischen Wirkung trefflich zusammenstimmen. Die Farbe ist eine an Wachs erinnernde blassgelbliche, die besonders zum warmen Ton beiträgt. Sie soll von dem Eisenoxyd der Gemengtheile herrühren; dann müsste jedoch die Temperatur des Brandes nicht hoch genug sein, um das Oxyd zu reduciren. Wie dem sein mag, ein absichtlicher färbender Zusatz scheint nicht statt zu finden. Auch wird behauptet, die Farbe erscheine nicht ohne weiteres beim Brande, die Stücke müssten vielmehr wiederholt und so oft eingesetzt werden, bis der richtige Ton zum Vorschein kommt. Zuverlässige Kunde über diese Fabrikation liegt überhaupt nicht vor. Einige geben Vorschriften mit 26 Procent Knochenasche, andere geben Analysen von gebranntem Parian ohne Gehalt an Phosphorsäure; auf der einen Seite schreibt man dem Parian ungewöhnliche Schwindung zu, die die Plastik beschränke, auf der andern Seite weisen die Industrieausstellungen die kühnsten Leistungen in Dimensionen und Details auf.

Eigenschaften.

Eine Varietät des Parian von weisserer Farbe hat man *Carrara* genannt.

Porzellanknöpfe.

Entwicklung der Fabrikation.

Ein dem Fritteporzellan sehr verwandter Zweig ist die fabrikmässige Erzeugung von Knöpfen aus gebrannter Masse. Schon in den ersten Jahrzehnten des Jahrhunderts sind Knöpfe aus gewöhnlichem Porzellan durch einen gewissen Potter aufgekommen und haben ziemliche Verbreitung gefunden. Das harte Porzellan war indessen eine wenig geeignete Masse und die neue Industrie fand erst ihr eigentliches Feld, als im Anfang der vierziger Jahre ein englischer Fabrikant, Prosser, statt dem harten das Fritteporzellan oder dem ähnliche Massen einführte; seitdem nach Frankreich und Deutschland übergegangen, hat sie (zumeist in der Hand des Pariser Fabrikanten Bapterosses) bedeutende Ausdehnung und eine hohe Ausbildung gewonnen, dergestalt, dass gegenwärtig keine verwandte Gattung in der fabrikmässigen Durchbildung des Betriebs an die Seite gestellt werden kann. Die Knöpfe aus gebrannter Masse sind theils für Kleider und Wäsche, wie die beinernen und metallenen bestimmt, aber in dieser Gattung nur in kleineren Dimensionen angefertigt, so dass

sie mehr zum Ersatz der Perlmutterknöpfe dienen; theils für Tapezierer und Polsterer für Köpfe zu Prunknägeln bestimmt.

Massen.

Es sind zur Zeit zweierlei Massen üblich: eine mit phosphorsaurem Kalk, also mit dem englischen Fritteporzellan zusammenfallend, welche die sogenannten "*Achatknöpfe*" liefert, und eine aus Feldspath, eine Art Glas, zu den sogenannten „*Strassknöpfen*". Da der Feldspath für sich im Feuer nur zu einem durch mikroskopische Bläschen getrübten Glas von schlechtem, gegen das Porzellan sehr abfallendem Ansehen schmilzt, so giebt man ihm wahrscheinlich Zusätze, die ihm einen milchigen, opalartigen Fluss verleihen, wie dies z. B. Kalk thut.

Die Zubereitung der Masse ist wie bei dem Fritteporzellan, nur mit gewissen Abänderungen, bedingt durch die einzig im Gebrauch stehende Methode der Formung, das Pressen aus trockner Masse. Zu dieser Behandlung zu kurz und zu wenig bindend, muss die Masse mit einem Klebemittel versetzt werden. In einigen Fällen dient dazu Leinöl in der Art, dass man die Masse damit gemischt auf einen gewissen Grad erhitzt, um das Oel in Virniss zu verwandeln. Die französischen Fabrikanten setzen etwas Milch zu, wo dann der Käsestoff bindet. Beide Klebemittel bieten den Vortheil, dass das Fett die formenden Theile der Presse rostfrei hält. Broochi in Limoges bedient sich des billigern Zusatzes von etwa 6 Proc. Theer oder dickem Theeröl.

Formen in der Presse.

Der Knopf ist ein überhaupt kleiner, verhältnissmässig dicker, einfach und regelmässig (symmetrisch) gestalteter Körper, für die Formung aus freier Hand ebenso schwierig, als für die mit Maschinen geeignet. Die Knöpfe werden daher überall mit der Presse (S. 326), d. h. mit dem Prägestock oder Anwurf, ähnlich wie die Münzen, geformt. Nach einer kurzen Uebergangszeit, in der man sie mit kleinen Anwürfen Stück für Stück anfertigte, ging man zu zusammengesetzteren über, die bis 500 Stück Wurf für Wurf liefern, Gestalt und Löcher alles fertig. Wenn ein Arbeiter in einer Minute 2 bis 3 Schläge der Presse leistet, wie gewöhnlich der Fall, so formt er in der Stunde 60,000 bis 90,000 Stück. Bei einer solchen Fülle des Erzeugnisses würde die rasche Arbeit der Presse natürlich durch den Zeitverlust des Aufklaubens der einzelnen Knöpfe von Hand grösstentheils wieder aufgehoben; die Maschine ordnet daher, was sie an Knöpfen beschafft, auch selbst auf einer Unterlage und zwar so, dass sie sofort und ohne weiteres nach dem Ofen gebracht werden können. Als Unterlage dient ein Blatt Papier auf einen eisernen Rahmen gespannt, auf welches die Presse die Knöpfe gleich in der richtigen Ordnung ablegt, in der sie zum Ofen kommen müssen.

Brand und Oefen.

Der massenhaften Arbeit der Presse ist die Art des Brennens angepasst; die Waare geht in ebenso ununterbrochenem Zug durch den Ofen, wie sie von der Formerei erzeugt wird. Bei dem geringen Umfang der Masse und ihrer Leichtflüssigkeit braucht ein Knopf in guter Rothgluth nicht mehr als 10 Minuten um die Gahre zu erlangen. Das Beschicken eines Ofens mit rohen Knöpfen, Anfeuern, Ausbrennen und Verkühlen-

Brand und Oefen.

lassen, wie beim Porzellan, würde nur unnöthig Brennstoff, Arbeit und Zeit kosten. Man brennt daher ungleich zweckmässiger die Waare in Muffeln, von denen eine grosse Zahl, 48 bis 60, in einem gemeinschaftlichen Ofen von ein und derselben Feuerung aus hochrothglühend erhalten werden. In diese Muffeln passen bewegliche Thonplatten zur Aufnahme der Waare. Die von der Presse kommenden Papierblätter, worauf die Knöpfe geordnet sind, werden mit einem raschen Griff auf die glühende Thonplatte und mit dieser in die Muffel geschoben. Das Papier brennt ab und nach zehn Minuten nimmt man die Thonplatte mit den garen Knöpfen heraus, streicht diese in einen Untersatz ab, belegt sie mit einem folgenden Papierblatt mit Knöpfen, schiebt sie in die Muffel zurück und so fort ohne Unterbrechung. Die Thonplatte kühlt natürlich jedesmal etwas ab, bleibt aber noch glühend. Die Muffeln sind reihenweise zu 6 bis 7 Stück im Ofen aufgestellt und jede Reihe wird von einem besondern Arbeiter bedient. Die Feuerung ist von der Einrichtung wie bei den Glasöfen; der Rost liegt in der Mitte des Ofens versenkt, so dass die Feuerung eine Tonne (Seite 42) bildet. Aus der Tonne aufsteigend, geht die Flamme zwischen den Rückseiten der Muffel durch, prallt am Deckengewölbe an, und schlägt dann an den Ofenwänden abwärts, wo sie von peripherisch angeordneten Schlucklöchern aufgenommen, durch Füchse in der Ofenwand in den gemeinschaftlichen Kamin abzieht, mit welchem der Ofen von oben überbaut ist.

Ein Ofen mit 60 Muffeln verzehrt in 24 Stunden 120 Zollcentner Steinkohlen und brennt in derselben Zeit 500 „Masses“ *) oder 864,000 Stück Knöpfe gar. Die Oefen bleiben Monate lang in ununterbrochenem Gang, bis eine Ausbesserung oder Umbau nöthig wird.

Die Analyse von Strassknöpfen ergab nach Czjzek:

Kieselerde.	Thonerde.	Eisenoxyd.	Kalk.	Bittererde.	Kali und Verlust.	Summa.
69,23	16,44	0,41	2,69	0,12	11,11	= 100,00

Ein merklicher Eisengehalt soll die Waare leicht gelb färben und aus diesem Grund, soweit thunlich, durch Waschen der Rohmaterialien mit Säuren entfernt werden.

Verzierung.

Gefärbte Massen, mit Kobalt-, Nickel-, Eisen-, Chrompräparaten etc., sind leicht herzustellen und leicht verwendbar in der Fabrikation von Knöpfen, daher viel gebräuchlich.

Neben den weissen und farbigen Knöpfen verfertigt man in grossem Massstab noch solche, die mit Zeichnung in Farbe oder Gold verziert sind. Diese Verzierung bewerkstelligt man mittelst Ueberdruck, genau so wie bei der Fayence näher beschrieben wird. Man gravirt das

*) Man rechnet im Betrieb nach „Masses“ zu 1728 Stück.

Muster in Stahlwalzen und druckt mit der einzubrennenden Farbe auf endloses Papier. Zum Behuf des Ueberdrucks leimt man die Knöpfe auf ein Papier als Unterlage. Nach der Entfernung des Ueberdruckpapiers brennt man die Farbe der Zeichnung, meist kleine Reifchen u. s. w., in Muffeln bei Kirschrothglühhitze ein. Die Muffeln sind ganz ähnlich wie beim Massebrand in grösserer Zahl in einem Ofen aufgestellt.

Kitten des Porzellans.

Allgemeines.

Bei dem Preis des Porzellans, besonders bei dem höhern Werth der Kunstsachen daraus ist die Wiederherstellung gebrochener Sachen eine häufig wiederkehrende Frage. In allen Fällen ist es ganz unmöglich, einen Gegenstand aus den gebrochenen Theilen wieder zu einem einzigen fugenlosen allseitig gleich festen Ganzen herzustellen. Die Fugen werden stets mehr oder weniger sichtbar und von schwächerm Zusammenhang sein. Bei Gebrauchsgegenständen, die mit Flüssigkeiten, Spülwasser, in der Wärme zusammenkommen, wo also die verbundenen Fugen durch Aufquellen des Bindemittels, durch Temperaturwechsel etc. höchst gefährdet sind, unterlässt man die Herstellung am besten ganz, oder muss sich doch entstellende Metallklammern u. s. f. gefallen lassen. Bei Schaustücken dagegen ist die Wiederverbindung der Bruchstücke mehr am Platz und unschwer auszuführen.

Löthen.

Eine ziemlich feste und dauerhafte, kostspielige, aber auch nicht ganz sichere Verbindung ist das Löthen mit einem Glasfluss im Feuer. Entweder dient dazu Glasur im Scharffeuer, oder ein Fluss (wie der der Farben) von der Natur des Emails, unter der Muffel gebrannt.

Kitte;

Gewöhnlicher hilft man sich mit dem Kitten, d. h. Verbinden der Bruchstücke mit flüssigen oder breiigen, in der Kälte oder gelinden Wärme allmählich erhärtenden Substanzen. Dabei leistet die Eigenschaft des Porzellans, genau schliessende und passende Fugen zu geben, den besten Vorschub. Die Kitte sind entweder aus mineralischen Stoffen oder aus pflanzlich-thierischen bereitet, sie sind mit oder ohne Körper.

mit Körper.

Einen Mineralkitt für Porzellan giebt 1 Gewichtstheil Glaspulver und 2 Gewichtstheile Flussspathpulver, beide mit Wasserglas zu einem dicklichen Brei angemacht; insofern dieser Kitt viel Körper hat, ist er mehr für Ausfüllung, als Verbindung passender Fugen. Dies gilt wohl auch für den von Mohr angegebenen Kitt aus geglühtem Bleiweiss und Leinöl mit Zusatz von Kreide. In minderem Grade gehört auch der Kitt aus Kalk mit Albuminaten hierher: Käsematte oder Quark mit gelöschtem Kalk (der Käsestoff bindet nur höchstens $^1/_4$ Kalk) oder Eiweiss mit gelöschtem Kalk sind die gewöhnlichen und zwar trefflichen, ungemeine Härte annehmenden Kitte, aber von etwas schmutziger Farbe. Sie müssen zart abgerieben und frisch aufgetragen werden, da sie bald anziehen. — Zu den Kitten mit Körper gehört auch der von Elsner:

2 Theile Pulver gebrannter Austern und 1 Gewichtstheil Gummi arabicum fein mit Wasser abgerieben. Statt dessen auch feinster gebrannter Gyps mit $^1/_4$ Gummi.

Kitte ohne Körper.

Als Kitt ohne Körper empfiehlt sich sehr: Käsematte mit Potasche in Wasser gelöst. Meistentheils bedient man sich aber der bekannten Kitte aus Leim und Harzen zusammengesetzt. Der beste ist der sogenannte „*Diamantkitt*“: man quellt 4 Gewthle. Hausenblase in starkem Spiritus; damit reibt man $^1/_2$ Gewthl. Gummi-Ammoniak mit $^1/_2$ Gewthl. Gummi-Galbanum fein und setzt zuletzt 2 Theile Mastix in starkem Spiritus gelöst hinzu. Das fertige Gemisch giebt eine milchige Gallerte, die beim Gebrauch jedesmal zu erwärmen ist. Andere nehmen im Verhältniss weniger Hausenblase. — Für Bruchstücke mit gut passenden Fugen leistet eine mittelstarke Lösung von Wasserglas treffliche Dienste, braucht aber mehrere Tage in der Wärme zum Erhärten.

Feines Steinzeug.

Begriff.

Die englische Töpferei hat das Eigenthümliche, dass ihre Erzeugnisse nicht so bestimmte von einander unterscheidende Gattungen darstellen, wie auf dem Continent, sondern in vielen Fällen sich in den Uebergängen bewegen. Dies gilt namentlich von den Waaren mit dichtem, nicht porösem Scherben, die nach Art des Porzellans aus Thon einerseits und Flussmittel andererseits bestehen. Diesen Waaren, zu denen die bereits abgehandelten, das Fritteporzellan und Parian, gehören, reiht sich noch eine an, in ihrem Heimathland „*stone ware*“, auch „*Wedgwood*“ genannt, nach Brogniart's Terminologie als „feines Steinzeug“ unterschieden. Ihre Masse ist aus plastischem Thon (namentlich von Devonshire) und china clay, aus cornish stone, Schwerspath und Gyps als Flussmittel und aus Feuerstein als Vermittler zwischen beiden zusammengesetzt, in Verhältnissen, die in den verschiedenen Fabriken den mannichfachsten Abänderungen unterliegen, ohne feste Regeln, je nach Rohmaterial, nach den Varietäten der Waare und nach Ueberlieferung. Die stone ware aller Arten hat stets einen gesinterten, dichten, harten Scherben, einen homogenen, feinen und etwas schweissigen Bruch, unterscheidet sich aber von dem Porzellan durch den Mangel des Durchscheinenden, sowie durch den niedern Hitzgrad beim Brennen, der jedoch etwas höher liegt als der des feinen Fayence. Für Küchen- und Tafelgeschirr weniger dienlich, weil zu empfindlich gegen Temperaturwechsel, ist sie besonders geeignet zu Kunstsachen, wie Bechern, Vasen, Bowlen, Feuerzeugen u. s. w., um so mehr, als die Masse sehr bildsam, also gut zu formen ist, leicht in verschiedenen Farben und ebenso gut glasirt als unglasirt hergestellt werden kann. Die stone ware gehört schon zu den Thonwaaren, die von

Geschichtliches.

Wedgwood zu einer höhern Ausbildung gebracht werden. Erst spät in Deutschland eingebürgert, ist diese Fabrikation namentlich von

Villeroy & Boch bei Saarlouis und Mettlach mit grossem Erfolg betrieben *).

Die Masse zu dem feinen Steinzeug pflegt sehr zusammengesetzter Natur zu sein. Die Bedingung des geflossenen Scherbens, einer möglichst mässigen Temperatur beim Brande gegenüber der wechselnden Beschaffenheit der plastischen Thone zwingt zu mannigfachen Gattirungen und Abänderungen in Menge und Natur der Flussmittel. Erhalten die Massen als solche, wie in der Regel, eine Färbung, so müssen sie einerseits so zusammengesetzt sein, dass sie die zugesetzte Farbe gehörig im Feuer entwickeln, durch dieselbe in ihrem Verhalten zum Feuer nicht zu sehr verrückt werden und sowohl unter sich als mit den ungefärbten beim Brande zusammengehen. Allgemein gehaltene Vorschriften ohne feste Begriffsbestimmungen der Rohstoffe sind daher ohne Werth, überdiess selbst bei genauer Angabe der Natur der Rohstoffe, doch meist von nur localer Bedeutung. Die Erfahrung lehrt ferner, dass aus denselben Rohmaterialien verschiedene im Feuer gleich gut stehende Mischungen möglich sind, indem der Zusatz von Flussmittel durch entsprechenden Zusatz von Quarz innerhalb gewisser Grenzen im Gleichgewicht gehalten werden kann. Solche Mischungen geben dann etwas verschiedene Schattirungen in der Farbe und etwas mehr oder weniger Schweiss. Gattiren.

Thone zu weissen Massen sind am schwierigsten zu finden und müssen stets mit Kaolin versetzt werden, auch dann liefern sie ein gelbliches nicht unangenehmes, aber dem Porzellan nicht vergleichbares Weiss. In dem Bruchstück eines solchen Geschirres von Apsley Pellat und Comp. in England von 1851 (unglasirt) fand Czjzek: Kieselerde 72,54, Thonerde 22,65, Kali 3,39, Kalk 0,80 und nur Spuren von Eisen. Die meisten feuerfesten Thone geben eine ins Graue gehende Masse, bald gelbgrau, bald perlgrau, bald dunkler. In der Porzellanmanufactur zu Nymphenburg erhielt man versuchsweise eine im Feuer ein edles helleres Grau und schönen Schweiss annehmende Masse aus: 11 Procent feuerfesten Thon **), 60 Procent reinen Quarz und 29 Procent Feldspath, im Ansehen der besten Waare der Mettlacher Fabrik gleich. Diese Masse mit $^1/_{1000}$ Thon von Böckelmoos ***) versetzt, gab eine eben Ungefärbte Massen. Farbige Massen.

*) Mehrere Thonwaaren heut' zu Tage von bloss historischem Interesse gehören hierher. So die braunen Waaren, die Böttiger vor der Erfindung des chinesischen Porzellans erhielt. So die unter den Namen „Porphyr" und „Jaspis" bei Utzschneider in Saargemünd früher erzeugten Nachahmungen von natürlichem Ornamentgestein in gebrannten Thonmassen. Böttiger's wie Utzschneider's Produkte haben mit einander gemein, dass sie nicht glasirt, sondern geschliffen und polirt wurden.

**) Ein feuerfester Thon, früher in Nymphenburg zu Porzellankapseln gebraucht, von mittelmässiger Güte, sehr eisenhaltig, von Abensberg.

***) Ein röthelartiger, tief rothbrauner Thon, für sich schmelzbar zu einer eisenschwarzen Masse.

Farbige Massen. so schöne dunklere Schattirung. — Die übrigen Farben, welche bei dem feinen Steinzeug gerade in so grosser Mannichfaltigkeit vorkommen, sind absichtliche Färbungen durch Zusatz von entsprechendem Metallpräparat, Blau mit Kobalt ($^1/_2$ bis 5 Proc.), Grün mit Chromoxyd ($^1/_2$ bis 1 Proc.), Gelb mit sogenanntem Antimonium diaphoretium, Schwarz und Braun mit Gemengen von Braunstein und Eisenoxyd (7 bis 8 Proc.). Das Eisenoxyd setzt man als Oker oder okrigen Thon zu (bis 40 Proc. und darüber). Viele Farben setzen natürlich eine weissbrennende Masse voraus, weil sonst Mischfarben aus der natürlichen des Thons und der zugesetzten entstehen, auch wo solche nicht beabsichtigt sind. Die Farbenkörper wirken sämmtlich als Flussmittel und dürfen daher nicht über ein gewisses Mass hinaus zugesetzt werden; anderntheils muss die Masse in dem Grade ihrer Schmelzbarkeit der Farbe angepasst werden. Die Entwicklung der Farben ist durch die Anwesenheit des Flusses lebhafter und wesentlich gehoben. Viele von den Farben der Masse sind nur bei nicht zu hohen Feuersgraden möglich; so entsteht im Porzellanfeuer kein Braun durch Eisenoxyd, nur Grau und Schwarz. Schon aus diesem Grunde ist die Masse des Steinzeugs leichtflüssig für mässigen Brand zu versetzen. Das meiste Steinzeug brennt sich im Porzellanfeuer blasig.

Der feinkörnige gleichmässige Bruch, in welchem das feine Steinzeug dem Porzellan gleichkommt, setzt höchste Feinheit und Gleichförmigkeit der Masse, mithin eingehende Sorgfalt der Aufbereitung voraus. Feinste Zertheilung und innigste Mischung sind unerlässlich und werden auf dieselbe Weise wie beim Fayence erzielt. Die grosse Bildsamkeit

Formen. der Masse erleichtert das Formen wesentlich; es geschieht wie beim Porzellan durch Drehen und in Gypsformen. Die letzteren spielen die Hauptrolle, insofern das feine Steinzeug nicht sowohl zu Gebrauchsgegenständen, als vielmehr zu Luxus- und Kunstsachen Verwerthung findet, wozu sie verschiedene hervorragende Eigenschaften geschickt machen. Hierher gehört die hohe Bildsamkeit, die Leichtigkeit der Vereinigung von Theilen, z. B. Ansatz von Garnituren, Aufsetzen von Verzierungen; ferner die Möglichkeit, verschiedene Theile eines Gegenstandes aus Massen von verschiedener Färbung herzustellen, das Ueberziehen ungefärbter

Glasur und Verzierung. Masse mit gefärbter oder andersfarbiger; endlich die Möglichkeit, die Waare eben so gut mit als ohne Glasur herzustellen, die bald Email also deckend, bald gewöhnliche durchsichtige Glasur, bald gefärbt, bald ungefärbt sein kann. Es stehen daher Mittel in grosser Auswahl zu Gebote, um eine künstlerische Wirkung zu erzielen. Der Gegensatz des Glatten zur plastischen Verzierung, der Gegensatz verschiedener Färbung der Masse, z. B. des Stückes an sich und seiner Verzierung, der Gegensatz des blossen Schweisses der unglasirten Masse zum Glanze der Glasur und der Gegensatz verschiedener Glasuren. Dazu kommen noch die Verzierungen verschiedener Art des Malers.

Am häufigsten erhält die Waare gar keine Glasur, denn sie nimmt

im Feuer hinreichend Schweiss an, um nicht zu trocken zu erscheinen und nicht zu schmutzen beim Anfassen. Durch Eintauchen oder Angiessen aufgesetzte Glasuren und Emaille sind je nach der Natur der Masse von wechselnder Zusammensetzung, aber stets bleiisch und feldspathhaltig. Gerade bei dem feinen Steinzeug ist ferner eine besonders dünne, auf eigenthümlichem Wege, nemlich durch Verflüchtigung (smearing der Engländer), erzeugte Glasur üblich. Diese Art zu Glasuren beruht einerseits auf der Flüchtigkeit der basischen Bestandtheile bleiischer Glasuren, andererseits auf der Fähigkeit hochglühender Thonflächen, solche Dämpfe im Feuer aufzusaugen und damit eine glasige Verbindung zu bilden. In der Ausführung handelt es sich zunächst darum, der bleiischen Glasur eine Zusammensetzung zu geben, die die Verflüchtigung möglichst begünstigt: Kochsalz mit Potasche und Bleioxyd; Kochsalz mit Natronsalpeter und Bleiweiss sind die gewöhnlichen Mischungen. Mit diesen überzieht man die Innenfläche der Kapseln, worin das betreffende Stück gebrannt werden soll. Im Feuer verflüchtigen sich Alkalien und Blei (wohl als Chlorverbindungen) und werden von der Oberfläche der Waare aufgesaugt, namentlich unter Mitwirkung der freien Kieselerde der Masse. Glasur durch Bleidämpfe.

Zum Brande kommen sowohl unglasirte als glasirte Waaren, die letzteren (soweit sie nicht durch Verflüchtigung glasurt werden) zweimal, zuerst für sich, dann mit Glasur. Der Hitzegrad beim Brande ist wenig von dem zu Fayence erforderlichen verschieden, auch sind die Oefen wesentlich von gleicher Einrichtung. Die Waare jeder Gattung wird nach Art des Porzellans stehend in Kapseln gebrannt.

Die gerade zur Verzierung des feinen Steinzeugs häufig vorkommenden „Metalllüstres“ werden genau ebenso behandelt wie bei Fayence, wo Näheres darüber angegeben wird.

Gemeines Steinzeug.

Sämmtliche bisher abgehandelte Töpferwaaren gehören unter die feinen, die sich durch besondere Sorgfalt in Aufbereitung von Material und Masse, äusserste Gleichförmigkeit derselben, durch eben solche Behandlung der Glasur, wo diese Anwendung findet, ferner durch besondere Leistung in Form und Decoration auszeichnen. Im Gegensatz dazu steht das gemeine Steinzeug *), bei dessen Herstellung weniger die Schönheit und das gefällige Aeussere, als die Nützlichkeit und Billigkeit massgebend sind, also im Allgemeinen auch nur einfachere Hülfsmittel und Begriff.

*) Einige wenden den Ausdruck „Steingut“ auf diese Waare an, der gewöhnlich etwas weit Verschiedenes, nemlich eine Art Fayence bezeichnet. Ueberhaupt ist der Sprachgebrauch der deutschen Töpferei in grosser Verwirrung.

Handgriffe zur Anwendung kommen. Während es mit der gemeinen Töpferwaare die einfachere Behandlung gemein hat, entfernt es sich von dieser wieder durch das gewähltere Material und den stärkern Brand. Damit, sowie mit dem geflossenen dichten Scherben schliesst sich das Steinzeug an die porzellanartigen Waaren an, aber wieder mit bestimmten Unterschieden. Diese verdanken ihren geflossenen Scherben stets einen zugesetzten Fluss und sind durchscheinend, das gemeine Steinzeug verdankt den dichten Scherben lediglich dem Feuersgrad und erhält keinen Fluss; es ist gar nicht, oder doch nur in den dünnsten Splittern durchscheinend. Das feine Steinzeug bildet so das Mittelglied zwischen dem Porzellan und dem gemeinen Steinzeug, mit jenem in dem Versatz mit Fluss, mit diesem in der Undurchsichtigkeit übereinstimmend. Mit dem Porzellan theilt das gemeine Steingut die grosse Beständigkeit gegen chemische Einflüsse, nicht aber gegen Temperaturwechsel und ist, bis auf wenige Ausnahmen, in dieser Beziehung noch empfindlicher, als das feine Steinzeug. Das gemeine Steinzeug dient daher vorzugsweise zu Zwecken, welche diese Gefahr ausschliessen: zu Krügen, Flaschen, Trinkgefässen aller Art, zu Einmachtöpfen, zu Röhren u. s. w. Die überwiegende Mehrzahl dieser Waaren und die wichtigsten Vertreter der ganzen Gattung kennzeichnen sich durch eine dünne, durch besondere Griffe mit Kochsalz erzeugte Glasur, obwohl auch gewöhnliche Glasuren vorkommen.

Geschichte. Im Alterthume, wo sich das Brennen der Töpfereien nur in den niedrigsten Hitzegraden bewegte, kann man die Kenntniss einer Waare nicht wohl erwarten, die ein so scharfes Feuer voraussetzt, wie das gemeine Steinzeug. Es erscheint in Europa in der That nicht vor dem 15. Jahrhundert, und zwar zuerst in Deutschland, wo seine Erzeugung ihren Sitz in der mittlern Rheingegend und den Reichsstädten Augsburg, Nürnberg und Regensburg nahm. Dort entfaltete sich der neue Zweig der Töpferei, ohne aus dem Rahmen des Kleingewerbes herauszutreten, zu einem grossen Umfange nicht nur, sondern auch zu einer Stufe der Ausbildung in Form und Ausstattung, in einem der Natur des Materials mit feinem Sinn angepassten Geschmack, die ihm für alle Zeiten in der Kunstgeschichte eine hohe Bedeutung anweist. Die Steinzeuggeschirre hatten in dieser Zeit den Charakter der Luxuswaare. Eine ähnliche hervorragende Stelle nahm auch die vlämische Steinzeugtöpferei im 15. Jahrhundert ein. Diese glänzende Epoche mit dem Beginne des 17. Jahrhunderts erlöschend, dauerte ungefähr 200 Jahre mit der Blüthezeit von etwa 80 Jahren, zwischen 1540 bis 1620. Von da an verlor sich die künstlerische, nicht aber die praktische Bedeutung des Betriebes. Denn an den alten wie an den neuen Sitzen dieses Gewerbes arbeiten die Steinzeugtöpfer in Material, Formen, Brand und Verzierung noch wesentlich ebenso, nach denselben technischen Grundsätzen, wie im Mittelalter. Trotz der bedeutenden Ausdehnung der Erzeugung und der grossen Verbreitung der Waaren hat sich die deutsche Steinzeugtöpferei bis in die

Gegenwart in der Form des Kleingewerbes bewegt, und sind erst wenig Anfänge einer schwunghaftern Betriebsweise bemerklich, während in England der Grossbetrieb auf einer hohen Stufe der technischen Entwickelung besteht.

Das gemeine Steinzeug, wie es gegenwärtig zu Markte gebracht wird, erscheint theils grau, bald perlgrau, bald bläulich, theils roth- bis kastanienbraun, Farben, die aus der Natur des Thons und des Brandes, nicht von künstlichen Zusätzen herrühren. Die mit Salz glasurten grauen Waaren sind gewöhnlich mit vorher eingeritzten und kobaltblau aufgestrichenen Verzierungen versehen. Die Hauptvertreter der letztern Art sind die sogenannten Koblenzer Geschirre aus den Orten Höhr, Grenzhausen, Baumbach, im sogenannten Krugbäckerland bei Vallendar, seit mehr als 300 Jahren aus den dortigen trefflichen Thonen erzeugt. Man unterscheidet dort die „Krugbäcker", die nur Krüge oder Steinflaschen zu Mineralwasser etc. machen, von den „Kannenbäckern", welche Trinkgeschirre, Haushaltungsgegenstände etc. liefern. Neben den grauen und braunen giebt es noch andersfarbige, aber weniger häufig, und mit eigentlichen Glasuren versehene Steinzeuge. Zunächst ist von dem Steinzeug nach Art der Koblenzer Waaren zu handeln, denen sich die englischen nahe anschliessen.

Plastischer Thon.

Das Material zu dem gemeinen Steinzeug ist der sogenannte plastische Thon. Er gehört zu den sehr strengflüssigen oder feuerfesten und besitzt die Eigenschaft, bei anhaltender strenger Hitze zu einer steinigen dichten harten Masse von etwas glänzendem Bruch zusammenzusintern, ohne dabei allzusehr zu erweichen. Diese beiden Eigenschaften sind es, auf denen die Steinzeugtöpferei im Wesentlichen beruht. Die eine macht es möglich, aus dem plastischen Thon Geschirre von dichtem, nicht durchlassendem Scherben durch blosse Wirkung der Hitze zu erzeugen; die andere, die sehr mässige Erweichung, macht es möglich, dass selbst Arbeitsstücke von beträchtlicher Grösse im Feuer gut stehen. Der hohe Grad von Bildsamkeit, der jener Gattung Thon den Namen gegeben, ist eine weitere höchst fördernde Unterstützung. Wenn die Thone nicht von Natur hinreichend freie Kieselerde oder Sand enthalten, setzt man solchen, auch wohl Chamotte derselben Geschirrmasse, zu, um die Schwindung und die Gefahr des Reissens der Waare herabzustimmen. Ueberhaupt ist nicht jeder plastische Thon brauchbar, sondern nur die einer mittleren Strengflüssigkeit; leichte kalk- und alkalireiche würden zu wenig stehen, ganz strenge kommen im Brande zu theuer und finden besser als feuerfeste Verwendung. Als Beispiele mögen die Analysen einiger Thone eine Stelle finden:

Chemischer Bestand des Thones.

	1.	2.	3.
	Gegend von Vallendar:		
	Ebernhahn	Mühlheim	—
Sand	14,79	12,41	9,43
Kieselerde	32,18	35,35	38,21
Thonerde	37,95	35,36	33,47
Eisenoxyd	0,95	2,69	4,60
Kalk	0,04	0,16	0,93
Bittererde	0,11	0,07	0,67
Kali	3,00	1,24	1,18
Gebundenes Wasser . .	10,02	11,72	11,81
Summa . .	99,04	99,00	100,30

Nro. 1 und 2 von C. Bischof, Nro. 3 von Richter analysirt. Die beiden ersten sind fett im Anfühlen, von erdigem Bruche, glattem, glänzendem Schnitt, im Mörser nur schwach knirschend, stark an der Zunge haftend, in Wasser mit singendem Geräusch zerfallend, mit Säure nicht aufbrausend, und schwärzen sich bei gelindem Glühen. Nro. 1 ist von Farbe ziemlich rein weiss, ins Bläuliche und Gelbliche ziehend, seine Schwindung 6 Proc., seine Strengflüssigkeit unter 2, sein Bindevermögen 8; er sintert zu einer bläulichen, nicht reissenden Masse. Nro. 2 ist dunkel schieferblau von Farbe, hier und da mit Eisenschnüren durchsetzt, die Schwindung 5 Proc., die Strengflüssigkeit 3, das Bindevermögen 9 bis 10, im Sintern zum Reissen geneigt. — Die plastischen Thone aus derselben Gegend von Vallendar sind auch von Fresenius einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Von den dortigen Thonen sind mit besonderer Rücksicht nur diejenigen ausgewählt, die in den Steinzeugtöpfereien gebraucht werden, übrigens im natürlichen Zustande untersucht. Alle fünf Sorten zeigten die allgemeinen Eigenschaften der plastischen Thone: grosse Bildsamkeit, Zerfallen unter Wasser mit singendem Geräusch und unter Entwickelung von starkem Thongeruch, kein Aufbrausen mit Säuren, heftiges Splittern vor dem Löthrohre; in der Probirröhre färben sie sich graulich und geben Dämpfe verschiedener Reaction. Die Farbe ist wenig verschieden, grauweiss, bald mehr bald weniger ins Gelbe ziehend, das Anfühlen bei I. und II. sandig (siehe unten), mit mattem Schnitt, bei den übrigen drei fett, mit weniger mattem bis glänzendem Schnitt. Alle brennen sich vor dem Löthrohre

weiss und sintern mit Ausnahme von I. Die Dämpfe beim Erhitzen in der Probirröhre sind bei II. alkalisch, bei I. und III. sauer, bei IV. und V. anfangs sauer, zuletzt alkalisch. — Beim Abschlämmen lieferten die Thone gröblichen fühlbaren Sand, nicht fühlbaren staubförmigen Sand und feinsten Schlamm, zum Theil aus Kieselmehl, zum Theil aus Thon bestehend, in der Art, dass die gröberen Schlemmprodukte mit mehr grauer, die feineren mit mehr weisser Farbe auftreten. Aus dieser mechanischen und aus der chemischen Analyse zusammen ergiebt sich der Bestand der Thone wie folgt: Chemischer Bestand des Thones.

	I.	II.	III.	IV.	V.
	Thone bei 100° C. getrocknet:				
	Hill-scheid.	Ben-dorf.	Baum-bach.	Grenz-hausen.	Ebern-hahn.
Streu- } Sand	24,91	11,39	9,13	7,91	6,81
Staub- } Sand	11,40	12,64	7,07	12,45	9,89
Feinster } Sand	20,64	23,37	—	9,27	1,59
Lösliche } Kieselerde	1,39	1,06	1,05	0,91	0,98
Gebundene } Kieselerde	18,69	26,98	45,53	37,74	45,53
Thonerde	14,06	17,09	25,48	20,00	24,47
Eisenoxyd *)	1,35	1,13	1,25	1,78	1,72
Kalk	0,35	0,48	0,36	0,61	1,08
Bittererde	0,47	0,31	0,47	0,52	0,87
Kali	1,26	0,52	2,51	2,35	0,29
Gebundenes Wasser	5,17	4,71	6,65	6,39	6,72
Summa **)	99,69	99,68	99,50	99,93	99,95

*) Theilweise als Oxydul vorhanden.
**) Es sind ausserdem noch Spuren von Mangan, Natron, Schwefelsäure und Phosphorsäure vorhanden.

Die auffallendsten Verschiedenheiten liegen darnach im Betrage der freien unlöslichen, als Sand und Staub beigemengten Kieselerde. Der Sand beträgt bei:

I.	II.	III.	IV.	V.
56,95	47,40	16,20	29,63	18,29

Die untersuchten Thone sind daher Gemenge von Sand, mit dem plastischen Theile in sehr ungleichem Verhältniss. Weit weniger Verschiedenheit erweist der chemische Bestand des plastischen Theiles für sich, denn auf 100 Gewichtstheile desselben kommen:

	I.	II.	III.	IV.	V.
Kieselerde	54,30	52,74	55,40	54,43	56,48
Thonerde	34,08	33,41	31,04	28,85	30,36
Gebundenes Wasser . .	12,29	9,08	8,00	9,13	8,24

Der Vergleich der Analysen von C. Bischof, von Richter und von Fresenius für die Thone des gleichen Fundortes deutet darauf hin, dass die Beschaffenheit in demselben Lager keineswegs durchaus gleich ist; denn der eine findet z. B. 37,95, der andere nur 24,47 Proc. Thonerde im Thon von Ebernhahn. Auch ist es in der Praxis sehr wohl anerkannt, dass dieselben Thonlager nicht nur in verschiedenen Gruben, sondern auch in verschiedenen Teufen derselben Grube starke Verschiedenheiten darbieten. Uebereinstimmend weisen alle Analysen einen merklichen Gehalt von Eisenoxyd und von Kali nach. — Ein englischer, zu Steinzeug gebrauchter Thon, Sandy clay, enthält nach Couper:

Kieselerde	Thonerde	Eisenoxydul	Kalk	Bittererde	Wasser
66,68	26,08	1,26	0,84	Spur	5,14 Proc.

Einschlüsse. Die meisten plastischen Thone enthalten Einschlüsse von Schwefelkies in Gestalt von kleinen Nieren. Eine sehr nachtheilige Beimengung, denn diese Kiese verwandeln sich beim Brennen in Eisenoxyd, welches mit dem nächst umgebenden Thon zu einer schwarzen Schlacke ausschmilzt und die Waare verdirbt, abgesehen davon, dass die Einschlüsse schon beim Formen hinderlich sind. Die unerlässliche Ausscheidung der Kiesnieren verursacht viel Mühe und Arbeit.

Die Massenbereitung. Die Herstellung der Masse ist auf dreierlei Zwecke gerichtet: Reinigung des Thones, Gattiren des Thones und vollkommene Mischung der Thone unter sich und des etwaigen Versatzes. — Die Thone sind im natürlichen Zustande zu fest, nicht bearbeitbar, man macht sie daher mit Wasser in Gruben an, worin man sie weichen lässt („Einsumpfen"). Dann folgt das Gattiren zur Erzielung einer mittlern, der Arbeit angepassten Beschaffenheit, welche den einzelnen Thonen für sich fehlt. Als Beispiel können die oben beschriebenen Thone von Vallendar dienen. Der Thon von Hillscheidt giebt für sich im Feuer der dortigen Töpfer kein Steinzeug, wegen seines hohen Kieselerde- (Sand-) Gehaltes; er dient aber trefflich zum Versatz der Thone von Baumbach und Ebernhahn und umgekehrt. Aehnlich versetzt man den Thon von Grenzhausen mit dem von Bendorf. Im Kleinbetriebe, wo man die Verarbeitung des frischen Thons, wie er aus der Grube kommt, für besser hält, verfährt man wie folgt: Zum Zwecke des Versetzens breitet man die eingesumpf-

ten Thone in abwechselnden, möglichst dünnen Schichten übereinander, so dass ein Haufen entsteht, den man zunächst durch Treten bearbeitet. Ist man genöthigt, aus Mangel passenden Thons Sand zuzusetzen, so geschieht dies bei Gelegenheit des Tretens. Es folgt die Behandlung des Gemisches mit der Klinge. Zu dem Ende schlägt man den oberflächlich gemengten Thon in grosse säulenartige Ballen, zerschneidet mit einer flachen Klinge in dünne Späne und knetet diese wieder zusammen. Man begegnet unfehlbar allen Einschlüssen von Kies und dergleichen, sie machen sich dem Gefühl durch die Klinge sofort bemerklich und werden beseitigt; zugleich erreicht man eine recht vollständige Mischung. Diese uralte, ihren Zweck sehr gut erfüllende Behandlung ist durch den unverhältnissmässigen Aufwand an Arbeit sehr kostspielig. Auch die kleinen Töpfer haben daher meistentheils den Thonschneider mit einem Pferdegöpelbetriebe eingeführt, gewöhnlich so, dass das Pferd in einem Raume über dem Thonschneider unmittelbar an der durch die Decke verlängerten Axe arbeitet. Bei grosser Ersparniss an Arbeit ist weniger Sicherheit bezüglich der Entfernung der Einschlüsse. In den noch sehr vereinzelten besser eingerichteten Töpfereien mit fabrikmässigem Betriebe geschieht die Herstellung der Masse durchaus mit Maschinen. Um den störenden Einfluss des ungleichen und wechselnden Wassergehaltes der Thone auf das richtige Gattirungsverhältniss möglichst zu mindern, lässt man zunächst die Thone unter einem Schuppen liegen, bis sie auf beiläufig gleichen Grad an der Luft abgetrocknet sind, und giebt sie in diesem Zustande (mit Wasser) auf einen stehenden Thonschneider. Die daraus hervorquellende, noch unvollkommen gemischte, Thonmasse geht unmittelbar durch ein Paar hinreichend eng gestellter Quetschwalzen und nach dem Durchquetschen als Bänder in einen zweiten Thonschneider, wo sie die vollständige Mischung erlangt. Eine Beseitigung der Einschlüsse findet dabei nicht statt, aber die Kiesstückchen etc. werden zwischen den Walzen zerquetscht, und damit unschädlich. Mit dem Thon gleichmässig gemengt erhöhen sie nur in unfühlbarer Weise den Eisengehalt desselben, ohne durch Ausschmelzen Beschädigung der Waare zu verursachen.

von Hand;

mit Maschinen.

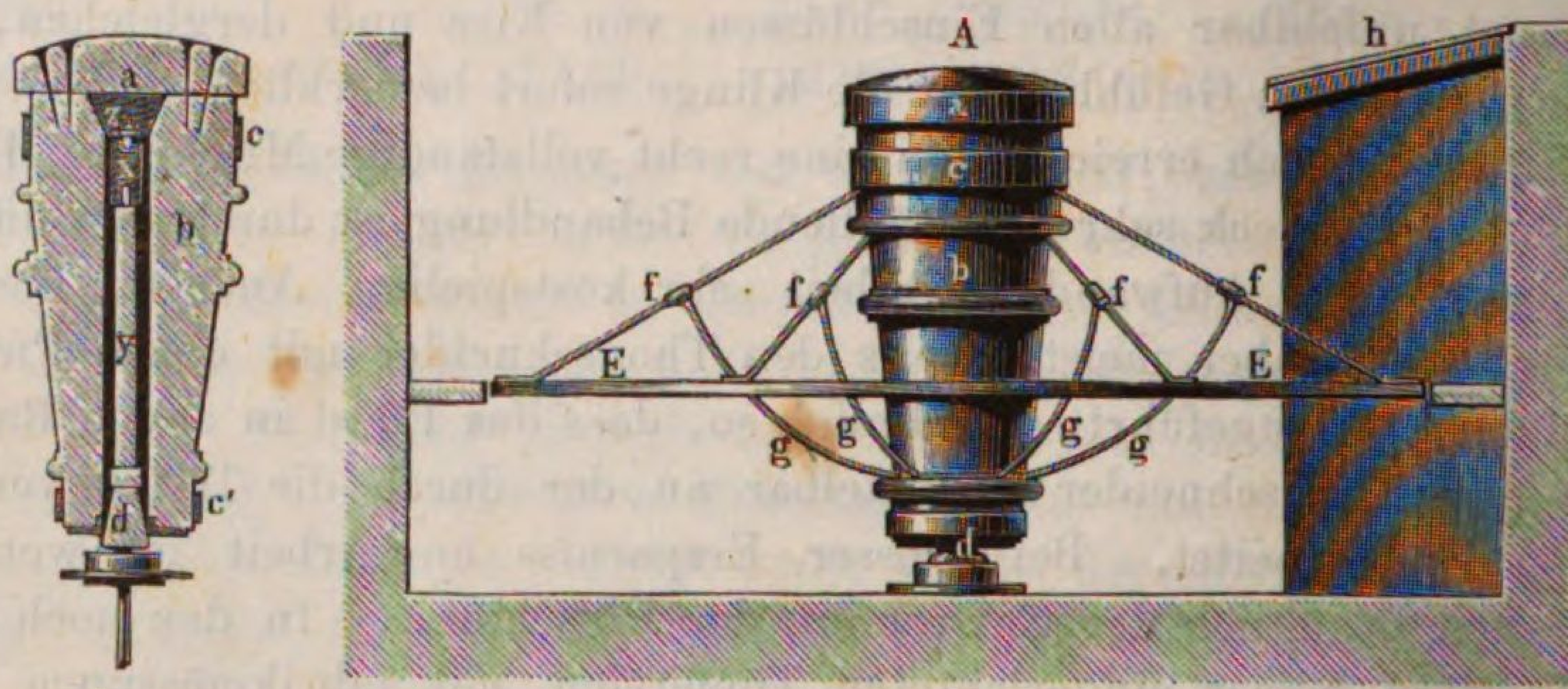
Die Steinzeugtöpfer, wenigstens die am Rhein, pflegen stets zweierlei Massen herzurichten: eine strengere, kieselerdereichere für die untere heissere Gegend des Ofens, und eine leichtere, mit weniger Kieselerde, für die obere weniger heisse Region. Bei Vallendar z. B. besteht die leichtere Masse aus Thon von Ebernhahn, Baumbach und Grenzhausen in wechselndem Verhältnisse (je nach Lage, Transportkosten, Herkommen und Vorrath); die strengere Masse aus dem Gemenge derselben Thone mit einem Drittel Hillscheider Thon. Die sogenannten „Kannenbäcker" versetzen im Allgemeinen strenger, die sogenannten „Krugbäcker", die oft dreierlei Massen für drei Hitzegrade anfertigen, weniger streng.

Verschiedenheit der Massen.

Als Gegenstand der ausschliesslichen Nützlichkeit fürs tägliche und gewerbliche Leben lässt das gemeine Steinzeug nur die einfachsten

Die Scheibe. Hülfsmittel des Formens zu, die sich in der Hauptsache auf die Drehscheibe beschränken. Die Drehscheibe der Steinzeugtöpfer ist theils aus Herkommen, aber auch, weil hier häufiger grosse und schwere Stücke vorkommen, abweichend von der gewöhnlichen (Seite 313). Sie hat die Gestalt eines Wagenrades von der Einrichtung Fig. 191, und be-

Fig. 191.



zweckt nachhaltigen Schwung, grössere Stetigkeit des Ganges bei möglichster Leichtbeweglichkeit. *A* ist die starke hölzerne Nabe, *E* das gusseiserne Schwungrad, *f* die durch die Bogenstücke *g* versteiften Speichen und *y* die im Boden senkrecht feststehende Achse. Die Nabe ist mit Reifen *b*, *c*, *c'* versehen, die zugleich zur Befestigung der Speichen und Bogen dienen. Das Rad befindet sich in hängender Lage auf der Achse, an deren oberstem Ende eine Spur *x* den Stahlzapfen *z* aufnimmt. Der Schwerpunkt des Ganzen liegt sehr tief unter dem Aufhängepunkte, nahe bei dem eisernen Rade; schon dadurch wird ein ruhiger Gang erzielt; um aber Schwankungen ganz zu verhindern, ist der Kegel *d* von hartem Holze am untern Ende der Achse aufgeschoben, der mit der Nabe bei der Bewegung ohne viel Reibung Fühlung hält. An dem mit grossen Nägeln oder Schrauben aufgesetzten Scheibenkopf *a* arbeitet der auf der Bank *h* sitzende Dreher. Was diese Scheibe noch besonders von der gewöhnlichen unterscheidet, ist der Umstand, dass sie nicht während der Arbeit mit dem Fusse, sondern vor der Arbeit mit der Hand in Bewegung gesetzt wird. Dies thut der Dreher stehend mit dem 2 Meter langen Drehstock und arbeitet dann jedesmal sein Stück mit der vorräthigen Bewegung aus, die anfängliche raschere zum Aufdrehen, die langsamere zum Nacharbeiten benutzend. Wenn man in Betracht zieht, dass das eiserne Rad einen Centner und darüber wiegt, so begreift man, dass eine solche Scheibe ein hinreichendes Moment besitzt, um selbst mit einem Antreiben grosse Stücke fertig zu machen.

Bei der Arbeit beginnt der Dreher mit Schlagen und Kneten der Masse nach dem „Wurf“, d. h. in kleinen Ballen, um sie noch vollständiger zu mischen und sonst in gleiche Beschaffenheit zu bringen. Ausser

seinen Händen zum Aufdrehen gebraucht er bei der Arbeit nur das „*Wirkholz*“, ein kleines Brett zum Schlichten der gedrehten Fläche, zum Anbringen einfacher Glieder, Stäbe, Kehlen etc. Gegenstände, die ihren Grössenverhältnissen nach sich nicht in einem Stücke aufdrehen lassen, werden zusammengesetzt und zwar, um eine verlässige Verbindung zu erhalten, auf Nuth und Feder mit Schlicker. Zur grösseren Sicherheit legt man von aussen ein schmales Thonband um die Fuge und arbeitet die einzelnen Theile derselben durch Schlagen ineinander, dass sie ein Ganzes aus einem Stücke bilden. Beim Schlagen von aussen hält man von innen einen Holzklöppel entgegen. Ovale, eckige Waaren, die sich nicht ohne Weiteres auf der Scheibe herstellen lassen, sondern nur mit Formen, bleiben ausgeschlossen.

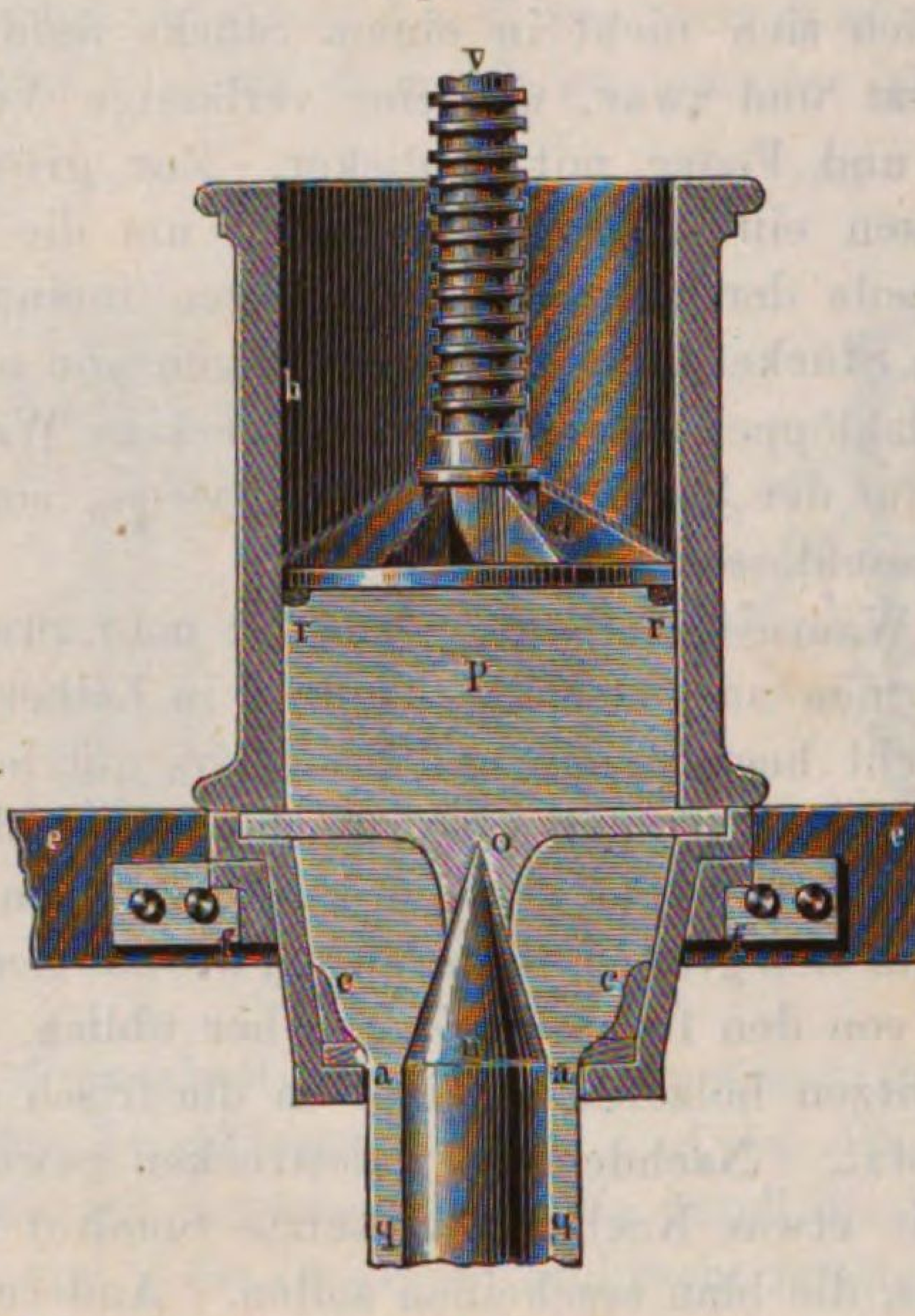
Was die Verzierung der Waare anbelangt, so bringt man zuweilen aufgesetzte in besonderen Formen ausgedrückte Figuren in halberhabener Arbeit an; obwohl sie leicht herzustellen und besonders gut bei der sehr haftenden bildsamen Masse anzubringen sind, macht man doch nur wenig Gebrauch davon. Um so mehr aber von den eingegrabenen Verzierungen mit blauen Linien auf den grauen Steinwaaren, wie das Geschirr der Koblenzer Kannenbäcker, von den frühesten Zeiten her üblich. Die Figuren werden mit einem spitzen hölzernen Griffel in die frisch abgedrehten Krüge u. s. w. eingeritzt. Nachdem sie weisstrocken geworden, fährt man sie mit Farbe (mit etwas Kochsalz versetzte Smalte) nach, füllt einzelne Felder damit aus, die blau erscheinen sollen. Andere, fast ähnliche Verzierungen werden mit einem stumpfen Holze eingedrückt, statt geritzt. Verzierung mit Figuren, mit Farbe.

Ein Erzeugniss der Steinzeugtöpferei tritt in Bezug auf die Formung gänzlich aus dem Rahmen des gewöhnlichen handwerksmässigen Betriebes heraus; dies sind die Steinzeugröhren zu Wasserleitungen, Abtritten, Kaminen und ähnlichen Zwecken. Bei dem massenhaften Bedarf, bei der geringen Leistung, der wenig saubern Arbeit und der geringern Güte des Productes der ehemals üblichen Handarbeit, gegenüber der Ueberlegenheit des Maschinenbetriebes in allen diesen Punkten, hat sich die Herstellung von Thonröhren als ein besonderer Zweig zur Selbständigkeit erhoben und ist so gut wie ganz dem fabrikmässigen Betriebe anheimgefallen. Das allgemein übliche Werkzeug ist die Röhrenpresse. Sie besteht aus einem Behälter mit der vorräthigen Masse, in welchem diese durch einen Druckkolben dergestalt zusammengepresst wird, dass sie genöthigt ist, durch eine ringförmige Oeffnung im Boden als eine hohle Walze, als Rohr auszutreten. Jener Behälter ist bald ein Cylinder, bald ein viereckiger Kasten, bald stehend, bald liegend angebracht; der runde oder viereckige Kolben wird bald durch Hülfe einer Schraube, bald mit Winde und Zahnstange in Bewegung gesetzt. Eine dieser Pressen ist in Fig. 192 (a. f. S.) abgebildet; *b* ist der starkwandige eiserne Cylinder mit der Vorrathmasse *p*, auf welche der durch die Schraube *v* bewegte Kolben *d* drückt. Die zusammengepresste Masse tritt aus der Röhren.

Röhren.

konischen Mündung *a* als Cylinder, und wegen des in der Mündung *a* befestigten Kerns *n* als Hohlwalze oder Röhre *q* aus. Der Kern ist mittelst eines quer durch den Cylinder gehenden Steges *o* befestigt; an diesem Stege spaltet sich die vorrückende Thonmasse und schliesst sich wieder hinter demselben zu einem Ganzen zusammen; um dies zu befördern, ist der Steg an den Seitenflächen gezähnelt, es entstehen dann gekerbte Flächen, die sich besser vereinigen. Innerhalb der Mündung ist das Holzfutter *c* eingesetzt, um die scharfe, rauh arbeitende innere Kante der Mündung unschädlich zu machen. Auf dem Gerüste, wovon *e* ein Theil ist, sind die Schienen *f* befestigt, auf denen sich der Presscylinder verschieben lässt bei der Nachfüllung der Masse. Als Liderung legt man unter den Rand des Kolbens *d* einen zum Ringe gebogenen Hanfstrick *r*, *r*, der das Entweichen des Thons rückwärts verhindert, ohne dass man das gedrange, unter den obwaltenden Umständen missliche Einpassen des Kolbens nöthig hat. Indem sich jede folgende Beschickung des Presscylinders mit dem Reste der vorhergehenden in dem konischen Theile zu einer zusammenhängenden Masse vereinigt, könnte man ein Rohr von unbegrenzter Länge erzeugen. Diese Länge ist jedoch aus anderen Gründen sehr beschränkt und übersteigt gewöhnlich die Grösse von 1 Meter nicht. Wenn die Röhren kein übermässiges Gewicht annehmen sollen, kann man denselben eine Wandstärke von nur wenigen Linien je nach der Weite geben, sie tragen sich daher nicht frei, ohne zusammen zu sinken, und müssen mit einem Holzkern aufgefangen werden. In dem Zustande von Weichheit der Masse, wie ihn die Presse voraussetzt, ist das Gewicht des Rohres schon bei einigen Füssen Länge grösser als der Zusammenhang, es droht abzureissen. Aus diesem Grunde lässt man das Rohr nicht senkrecht frei herabhängend, sondern auf einer schräg geneigten Unterlage mit Leitungsrollen hervortreten, so dass das Rohr, ohne zu früh abzureissen, doch hinreichend Zug vorwärts hat, um sich nicht zu stauchen. Bei der Anlage von Leitungen müssen die ein-

Fig. 192.



zelnen Rohrstücke dicht verbunden, also auf einige Zoll ineinander geschoben werden und folglich je an einem Ende eine entsprechende Erweiterung, den „Muff", erhalten. Auch diese Erweiterung wird mit der Presse in einer Operation mit der Röhre erzeugt, dadurch, dass man an die Mündung des Presscylinders beim Beginn der Operation einen beweglichen glockenförmigen Ansatz befestigt (oder durch Hebelwirkung andrückt), dessen äusserer Theil die Fortsetzung des Presscylinders, dessen innerer die Fortsetzung des Kernes ist. Sobald sich die Glocke mit Thonmasse gefüllt hat, lässt der angedrückte Formtheil los und bewegt sich mit der wachsenden Röhre vorwärts. — Um das Anhängen zu verhindern, ist es erforderlich, die betreffenden Theile jedesmal mit Thon-, Ziegel- oder Kohlenmehl zu bestäuben. Zur Erleichterung des Pressens pflegt man die Mündung des Cylinders oder Kastens beim Austritt des Rohres durch Auftröpfeln von Wasser schlüpfrig zu erhalten.

Trocknen der Waare.

Wie bei allen Thonwaaren, muss auch das Steinzeug vor dem Einsetzen in den Ofen möglichst trocken sein. Man erkennt dies an dem Uebergange der grauen in eine nahezu weisse Farbe („*weisstrocken*").

Das Brennen des ordinären Steinzeugs ist entschieden die schwächste Seite des Betriebes, vor Allem im Kostenpunkt. In einem Kleinbetriebe, wo, wie in Hörr bei Vallendar, der Meister durchschnittlich nur 2 bis 3 Gesellen beschäftigt und die Hälfte der Meister gar keinen Ofen besitzt, sondern zur Miethe brennt und keiner mehr wie ein Dutzend Brände im ganzen Jahre fertig bringt, ist eine Entwicklung nach dieser Seite am wenigsten vorauszusetzen. Man brennt in denselben Oefen, die man von den Vorfahren überkommen hat, und diese Oefen sind natürlich, der damaligen Zeit angemessen, von ursprünglicher Einfachheit und auf Holzfeuerung eingerichtet. Die bestehende Einrichtung der Oefen zwingt daher den Töpfer, trotz der heutigen hohen Preise, mit Holz fortzufahren; Versuche mit dem Ersatz des Holzes durch Braun- und Steinkohlen sind in den meisten Töpfereien von halbem Erfolg geblieben.

Oefen; bei Koblenz.

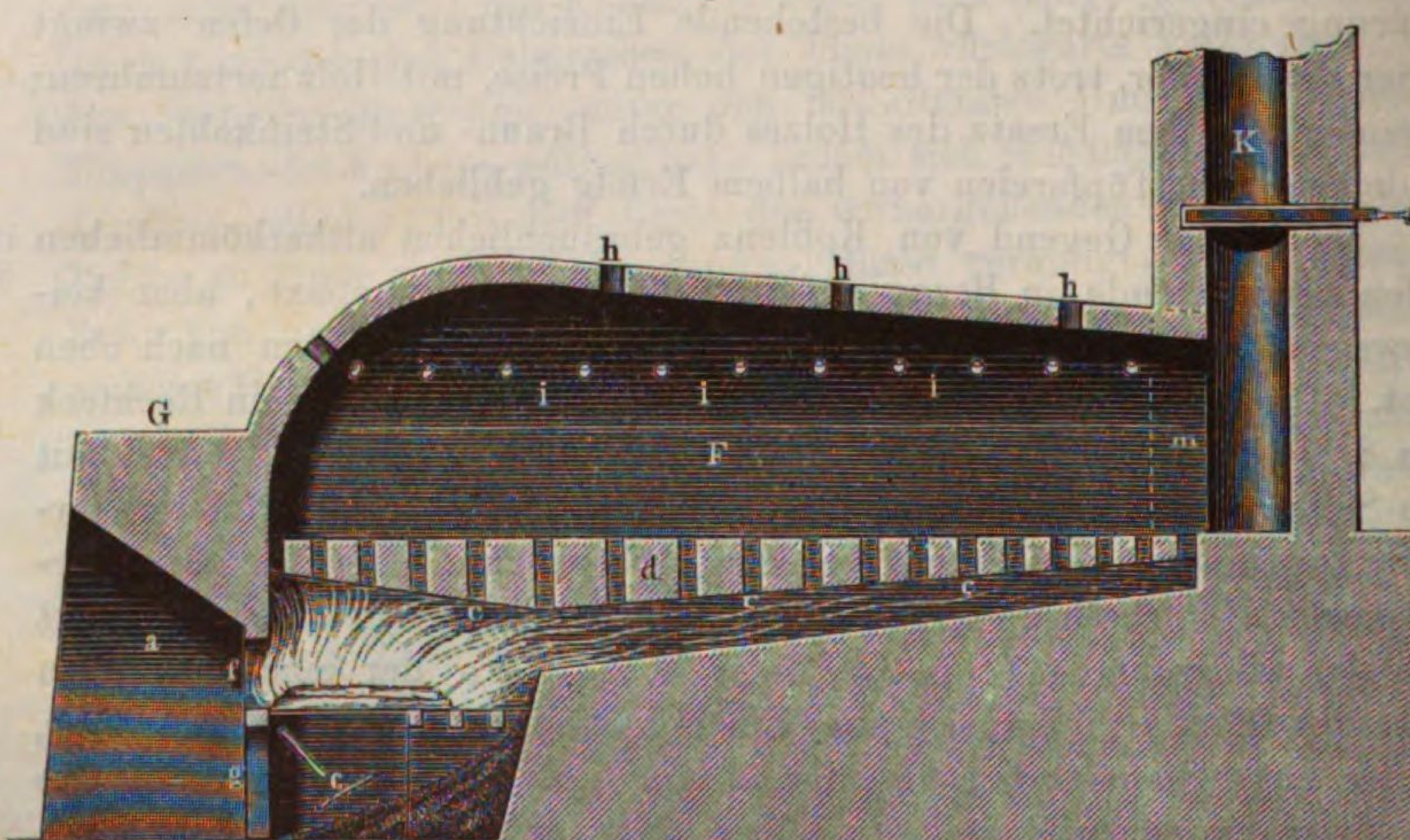
Die in der Gegend von Koblenz gebräuchlichen altherkömmlichen Oefen sind liegende, in Bezug auf die wagerechte Längenaxe, aber keineswegs der Zugrichtung nach, welche senkrecht von unten nach oben geht. Die Sohle, auf der das Geschirr eingesetzt wird, ist ein Rechteck von 8 bis 8,5 Meter Länge bei 1,7 bis 2,3 Meter Breite und bildet mit den Seitenwänden und dem im Höhenabstande von 1,7 bis 2 Meter darüber gespannten Tonnengewölbe den Arbeitsraum oder die Geschirrkammer. Unterhalb derselben durch die ganze Länge des Ofens erstreckt sich der Heizraum 0,7 bis 0,9 Meter hoch. An der einen schmalen Seite des Ofens befindet sich die Eintrageöffnung zur Geschirrkammer, an der entgegengesetzten die Heizöffnung mit mehreren Thüren. Die im Heizraum entwickelte, denselben ganz erfüllende und sich darin nach der ganzen Länge verbreitende Flamme, steigt durch zahlreiche Oeffnungen in der (ein flaches Gewölbe von 21 Centimeter Stärke bildenden) Sohle in die Geschirrkammer, breitet sich in dieser und dem Zwischen-

Oefen bei Koblenz.

raume zwischen den eingesetzten Geschirren aus und entweicht schliesslich durch 4 bis 6 Oeffnungen im Tonnengewölbe, die nahe an den beiden schmalen Seiten des Ofens angebracht, mit ebenso vielen kurzen Kaminansätzen von 0,7 bis 0,9 Meter versehen sind. Die zu brennende Waare ist bis zur Decke ohne Kapseln übereinander geschichtet. Um der Aufschichtung mehr Halt zu geben, sind alle 1,5 Meter (oder in etwas kürzeren Abständen) Gurtbogen unter dem Deckengewölbe mit den Widerlagern in der Seitenmauer eingezogen, an welche die Geschirrstösse anlehnen. — Das Innere des Ofens ist durchaus mit einem 9 bis 14 Centimeter starken feuerfesten Futter versehen, welches von Jahr zu Jahr erneuert werden muss.

Das Eintragen des Geschirrs dauert 3 Tage, das Feuern 36 bis 40 Stunden, Verkühlen und Austragen noch 3 bis 4 Tage, also der ganze Brand 9 bis 10 Tage. Man verfeuert theils hartes, theils weiches Holz, im Ganzen 6 Klafter (144 Kubikfuss), im Gesammtpreise von 86 Thalern, bei dem Werthe des Einsatzes von 200 bis 230 Thalern an Geschirr, so dass der Verbrauch an Brennstoff 37 bis 43 Proc. des letztern beträgt. Beim Brennen von Mineralwasserkrügen ist wegen der viel beträchtlichern Masse des Einsatzes mehr Zeit und Holz erforderlich, 50 Stunden und 9 bis 12 Klafter. Man rechnet im Allgemeinen bei den rheinischen Krugbäckern 82 Proc., bei den Kannenbäckern 65 Proc. der gesammten Erzeugungskosten für Brennmaterial. Nach Beendigung des Feuerns, während der Einsatz noch in voller Gluth steht, erfolgt das Glasiren mit Salz, 2 bis 3 Centner, die man durch besondere Oeffnungen im Deckgewölbe einwirft.

Fig. 193.



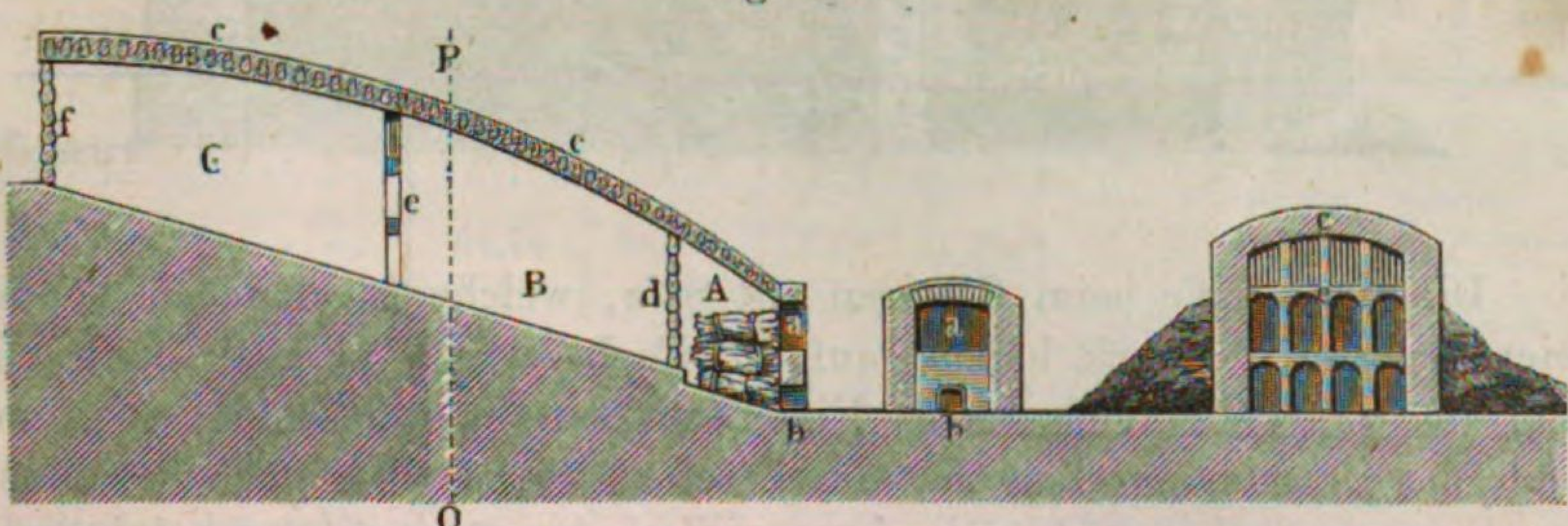
Diese Oeffnungen von 8 Quadratdecimeter, 24 bis 30 an der Zahl, sind ringsum an allen vier Ofenseiten vertheilt, mit eisernen Schiebern versehen und dienen neben dem Einwerfen und Vertheilen des Salzes auch zum Beobachten des Feuers. Oefen:

Wenn man Steinkohle verwendet, was jedoch bei Vallendar und sonst meistens immer neben Holz geschieht, erhält die Feuerung an der Schürseite einen Rost von 1 Meter oder etwas darüber im Geviert.

Zuweilen, namentlich im zuletzt erwähnten Falle, giebt man dem Ofen einen Kamin *K*, Fig. 193, mit Schieber; *F* ist der Geschirrraum, *d* die durchbrochene Sohle, *e* der Feuerraum mit der Thür *f*, und dem Rost, *c* der Aschenfall mit dem Zugange *g*, *a* das Gewölbe zur Feuerung *G*. Die Deckenöffnungen *h*,*h* und die Oeffnungen *i*,*i* in der Seitenwand dienen zur Regulirung des Feuers, letztere auch zum Einwerfen des Salzes. Mit Kamin;

Noch roher in der Einrichtung sind die französischen Oefen (zu Saveignies), Fig. 194, ebenfalls liegende, aber mit wagerechtem Zug, etwas schräge ansteigend, zugleich für gewöhnliches Töpferzeug dienend. Die Sohle ist geneigt, um die Wirkung der Flamme recht nach dem Boden zu ziehen, wo die Geschirre schwieriger gahrbrennen. Die Mauer *a* mit den Schürlöchern, Fig. 194, die Mauer *e* (welche den französische.

Fig. 194.



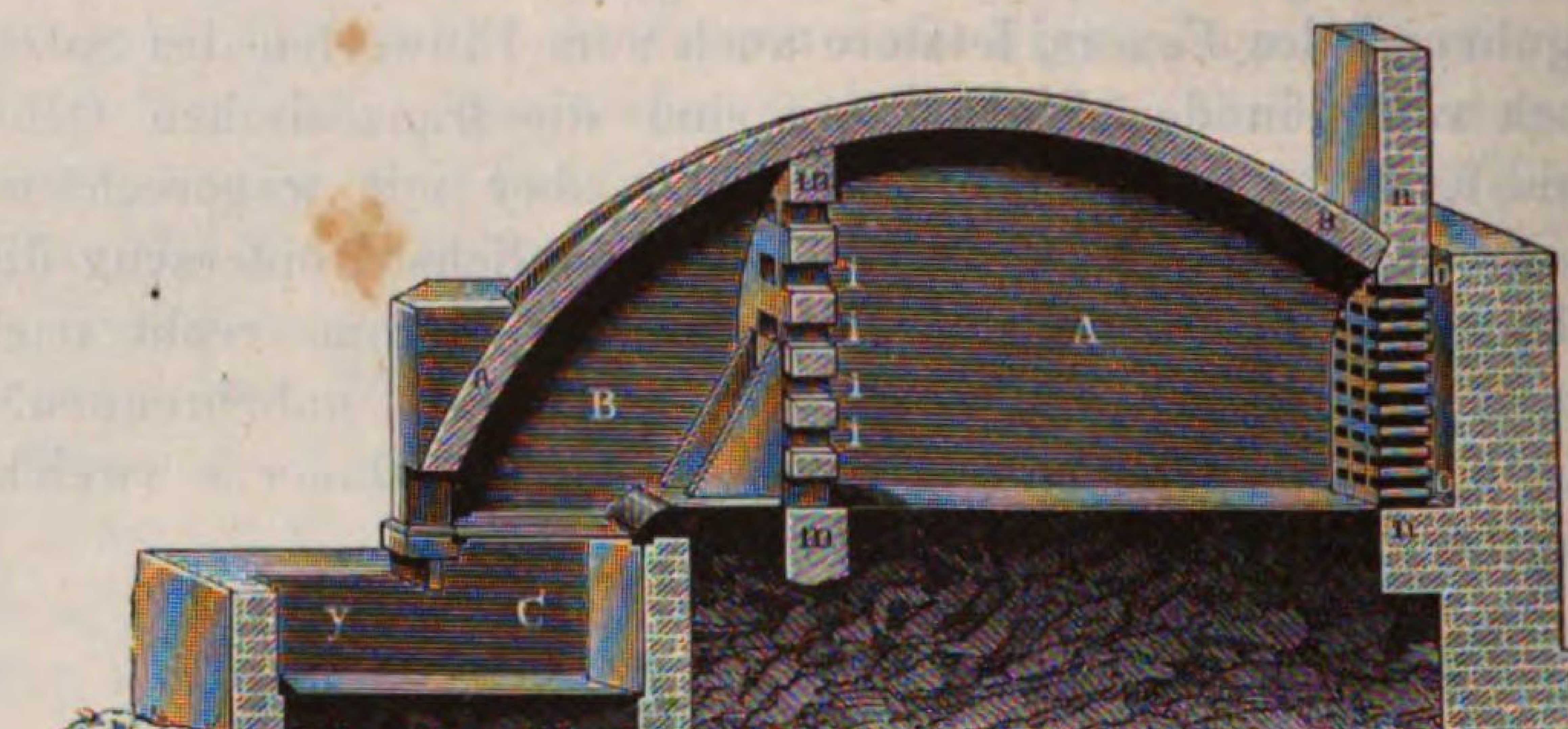
Brennraum in einen hinteren *C* und vorderen *B* trennt), sowie die Seitenwände sind von Backsteinen, dagegen die Rückwand *f*, das Gewölbe *c c* und die Wand *d* des Feuerraumes *A* sind aus einer Art Töpfen zusammengefügt, die man besonders für diesen Zweck macht. Besonders für die Gewölbe gewähren sie Vortheil, indem sie grosse Leichtigkeit mit bedeutender Festigkeit vereinigen. Im Gewölbe sind die Lücken zwischen den Töpfen ausgefüllt, bei *c* und *d* dagegen für den Durchgang der Flamme offen gelassen. Die Scheidewand *e* ist durchbrochen; in dem Raume *B* befindet sich das Steinzeug, in der kühlern Abtheilung *C* die gewöhnliche Töpferwaare. Der Brand dauert 60 Stunden, das Abkühlen 100 Stunden.

Einen verbesserten Ofen für Steinkohlenfeuerung, aber ebenfalls mit wagerechtem Zug, wie er bei Duingen und Brüninghausen im Hannoverschen gebräuchlich ist, giebt Fig. 195 a. f. S. *A* ist der Brennraum, *B* der Feuerheerd für Steinkohlen, welcher durch den Rost von dem Aschen-

Hannövrischer Ofen.

fall *C* geschieden wird. *A* und *B* sind von einem gemeinschaftlichen ellipsoidischen Gewölbe *a a* überspannt. Der Zug wird durch die Oeffnung *J* mittelst einer Deckplatte regulirt, geht durch den Rost aufwärts in die Kohlen, von wo die sich entwickelnde lange Flamme, durch die Blendungen *i i* der Mauer *m m* möglichst vertheilt, in den Brennraum eintritt. Sie trifft die daselbst aufgestellten Geschirre und entweicht durch die Blendungen der zweiten Wand *n n* in einen Kanal *o*, der als Esse dient. Durch das Schürloch *c* besorgt man das Feuer; Zugänge in der Rückwand und in *n n* dienen zum Einsetzen und Ausfahren, sind aber während des Brandes vermauert. —

Fig. 195.



Salzglasur.

Die Handgriffe beim Glasiren mit Salz, welche in manchen Töpfereien auch den Zweck haben, auf die Farbe der Waare einzuwirken, sind im Ganzen einfach. Das Einwerfen von Salz geschieht stets zu Ende des Brandes zur Zeit der Gare, sei es unmittelbar nach Beschluss des Feuerns, sei es, dass in kurzen Zwischenräumen noch einigemal nachgeschürt wird, namentlich um den Einsatz überall auf möglichst gleiche Temperatur zu bringen; denn diese und gleichmässige Vertheilung des Salzes sind die Hauptvoraussetzungen. Bei der Behandlung mit Salz ist kein anderer Brennstoff zulässig als Holz in den oben beschriebenen Oefen; die ganze Operation ist rasch vorüber und dauert $^1/_4$ Stunde oder etwas darüber.

Der Hitzegrad der Waare beim Ausbrennen ist nach dem langen scharfen Feuer so hoch, dass die Masse zur Sinterung gelangt, also reichlich so hoch, dass das eingeworfene Salz sich in kürzester Frist in Dampf verwandelt, der als ein sichtbarer Rauch oder Nebel den Ofen erfüllt, nach allen Punkten hingelangt und gleichmässig auf die innere und äussere Oberfläche der Geschirre wirkt. An den Löchern der Decke oder Seitenwände verdichtet er sich zum Theil als weisser Anflug. Der glasige Ueberzug der Geschirre entspringt daher aus der Einwirkung der Salzdämpfe auf die Bestandtheile der glühenden Thonoberfläche, welche aus dem Kochsalz Natrium aufnimmt und in glasigen Fluss geht. Die

Annahme, dass das Chlornatrium des Salzes dabei der Zersetzung durch Wasserdampf bedürfe, mit dem es Chlorwasserstoff und Natron bilde, ist schwerlich allgemein gültig. Wasserdampf kann nur in den Verbrennungsprodukten, als Bestandtheil der Flamme, vorhanden sein, aber in der Ausübung ist dies nicht immer der Fall, da man auch nach dem Aufhören des Feuers glasirt. Unzweifelhaft wird Chlornatrium in der Glühhitze von Wasserdampf zersetzt, aller Wahrscheinlichkeit nach aber auch direct durch kieselige Materialien. Im Schmelztiegel erhält man bei Kokefeuer aus Kochsalz und Thon natronhaltige Silicate. Ist Eisenoxyd zugegen, so setzt sich dies mit Chlornatrium in Natron und Eisenchlorid um, welches letztere grösstentheils verflüchtigt wird, während sich das gebildete Silicat bleicht. Vorgang im Feuer.

Auch die Beschaffenheit des Thons ist von Einfluss beim Glasiren mit Salz; nicht alle Waaren lassen sich glasiren, noch werden alle glasirt. Salvetat fand bei einer vergleichenden Untersuchung von je drei Sorten mit Salz glasirter und fünf Sorten unglasirter Waare im Mittel: Einfluss der Natur des Thons.

	Kieselerde	Thonerde	Eisenoxyd	Kalk	Magnesia	Alkalien	Summa
Glasirt	74,30	20,18	3,38	0,57	0,27	0,95	99,65
Unglasirt	64,74	24,99	8,39	0,87	0,16	0,41	99,56

Die Befähigung, Salzglasur anzunehmen, liegt demnach in einem Ueberschuss von Kieselerde, der sich namentlich deutlich im Atomverhältniss darstellt, denn auf 10 Atome Kieselerde kommen bei der glasurten Waare 3,3 Atome, bei der unglasurten Waare 5,0 Atome Basen zusammen *). Am meisten kommt es wohl auf den Betrag der freien Kieselerde des Thongemisches an. Alle (siehe die Seite 415 ff. gegebenen Analysen) Thone der Gegend von Vallendar, besonders der „Sandy clay" von Couper, der wesentlich zu Salz glasurter Waare benutzt wird, sind reich daran. — Man will gefunden haben, dass sich manche Sorten Salz des Handels ungleich besser eignen, als andere, so z. B. in Frankreich das vom Salzen der Stockfische abfallende Salz. Ob ein Unterschied wirklich vorliegt und worin er besteht, muss einstweilen dahin gestellt bleiben.

Die Salzglasur ist nur die gewöhnlichste, die der häufigst vorkommenden Artikel, aber es kommen noch andere aufgesetzte Glasuren vor, theils deckend emailleartig, theils durchsichtig. Schlacken von Eisenwerken, Mergel, eisenschüssige wie die dunkelbraune Glasur der Bunz- Aufgesetzte Glasuren.

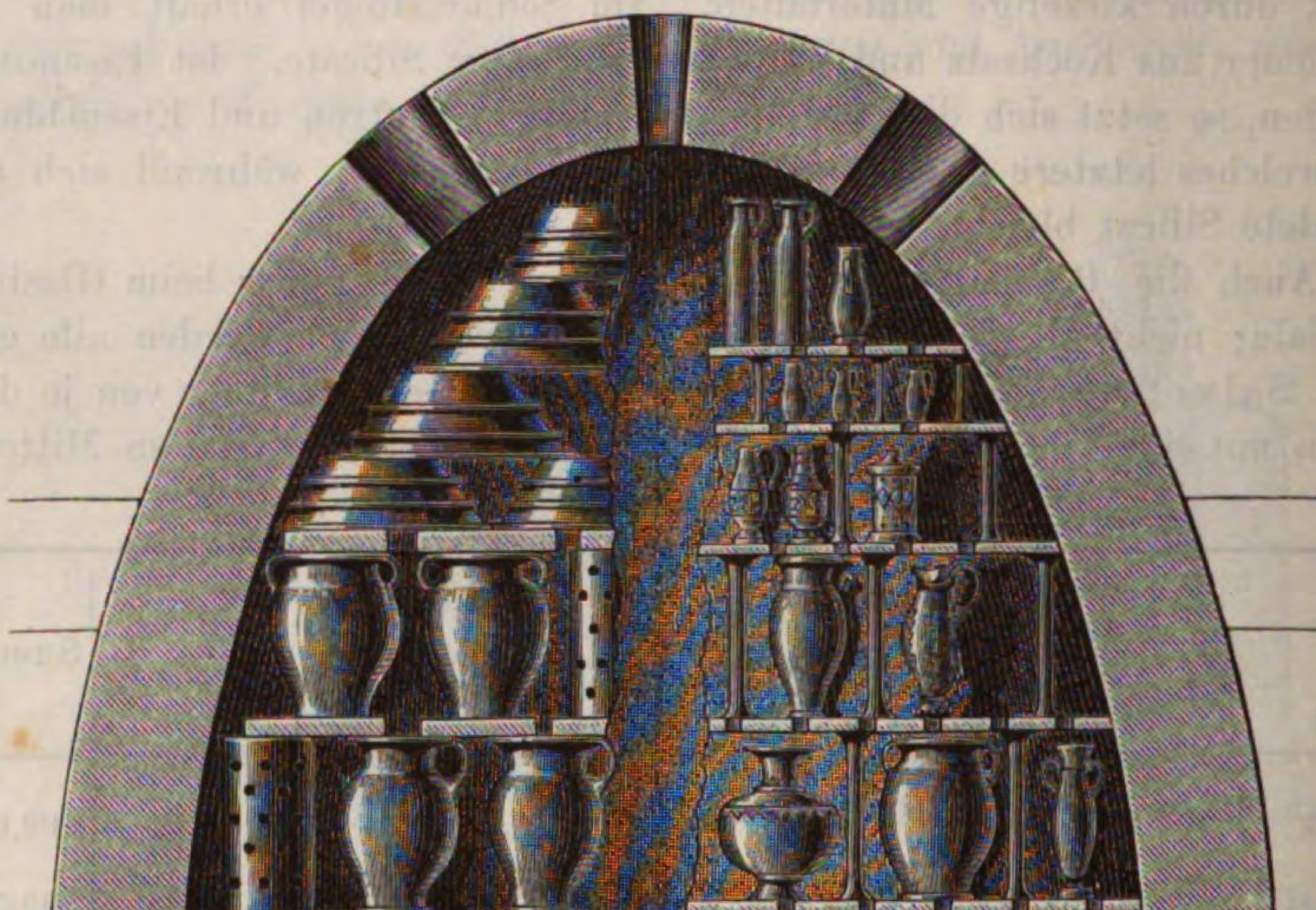
*) Die Alkalien sind nicht mitgerechnet.

lauer Geschirre, vulkanische Fossilien und dergleichen mehr, sind das Material. Die Glasur wird durch Eintauchen oder durch Bestäuben der frischen Geschirre aufgetragen und in einem Brande mit dem Scherben gar.

Einsatz.

Der Einsatz der Waare ohne Kapseln zwischen Thonplatten, ist Fig. 196 näher verdeutlicht.

Fig. 196.



Englische Fabrikation.

In England hat sich die Fabrikation des gemeinen Steinzeugs in technischer Beziehung viel weiter entwickelt, als in Deutschland, nicht sowohl in Bezug auf die Güte der Waare, als vielmehr auf die Herstellung. So wie in Deutschland die Hauptartikel Steinkrüge, Bierkrüge, Haushaltungsgeschirr, so sind es in England die meist in sehr grossen Dimensionen auftretenden Geräthe für chemische Fabriken, Wasserfilter, dann die Röhren zu Wasserleitungen. Die Einführung dieses Zweiges verdankt England den Gebrüdern Elers von Nürnberg in einer ziemlich späten Periode. Sie wanderten 1688 in Staffordshire ein und umgaben ihre Anstalt mit dem tiefsten Geheimniss *) 20 Jahre lang. Nachdem ihnen demungeachtet ihr Verfahren durch Astbury den Aeltern entfremdet worden, siedelten sie 1710 nach Lambeth bei London über und wurden so die Gründer der dortigen grossartigen Steinzeugindustrie. Anfangs noch klein (16 Oefen von $2^1/_2$ Meter Durchmesser) und auf die kleineren Artikel beschränkt, nahm sie den grossen Aufschwung mit der Beseitigung des Salzmonopols, mit der Einführung der Eisenbahnen so-

*) Sie war angeblich mit hohen Mauern umgeben und wurden nur Blödsinnige als Arbeiter beschäftigt.

wie der Röhren und Artikel für chemische Fabriken. In Lambeth stehen heutzutage etwa 70 Oefen von 4 Meter Durchmesser im Betriebe, welche jährlich 20,000 Tons Thon und eben so viele Kohlen verbrauchen.

Wie in Deutschland, besteht die Masse der englischen Waaren aus einem Gemisch von feuerfestem Thon mit Sand und glasirt man mit Salz. Thone.

Die verarbeiteten Thone kommen theils von Farnham (Surrey), hauptsächlich aber von Devonshire und Dorsetshire, mit Thonen anderer Gattung geschichtet, z. B. in folgender Art:

3 bis 12	Meter	Abraum an der Erdoberfläche;
0,9	„	sehr thonerdereicher zäher (tough) Thon;
1,2 bis 1,5	„	Thon zu gemeiner Töpferwaare;
1,2 bis 1,5	„	Thon, nur zum Weissmachen beim Scheuern der Steintreppen gebraucht;
3 bis 4,8	„	Plastischer Thon zu Steinzeug; unter diesem ein früher zu Pfeifen gebrauchter Thon.

Die besten Pfeifenthone finden sich in 6 bis 15 Meter Tiefe und werden durch Abteufen von Schächten und Stollen gewonnen. Man sticht sie in Stücken von 13 bis 14 Kilogr. aus und versendet sie, nachdem sie einigermassen abgetrocknet sind.

In den Töpfereien kommen die bezogenen Thonstücke, noch weiter getrocknet bis zum weiss-harten Zustand, unter die Mühlen, wo sie zu gröblichem Pulver zermahlen werden. Kleine Waaren werden aus einem einzigen Thon von weisslicher Farbe gemacht. Für grössere Artikel ist geeignete Gattirung unerlässlich, namentlich Versatz mit Sand (von Wolwich), Chamotte und mit sandreichem Thon. Die Gattirung wird mit dem gemahlenen trocknen Gut vollzogen, die Mischung dann mit Wasser unter innigem Verarbeiten angemacht. Es geschieht dies theils durch Treten und längere Zeit weichen lassen, in der Regel aber in den grösseren Anstalten durch den Thonschneider, 2 Meter hoch und 0,5 Meter weit, der die Masse zum Drehen fertig liefert. Unter allen Umständen ist die Masse von dem Dreher vor der Verarbeitung noch durch Umschneiden mit dem Draht und Schlagen (wedging) gleichmässig und blasenfrei zu machen. Eine letzte Vorbereitung empfängt die sorgfältig geschlagene Masse im Augenblick des Verarbeitens auf der Scheibe noch durch Aufziehen und Niedertreiben. Die Masse.

Die Dreher arbeiten soweit möglich auf mit Maschinenkraft bewegten Scheiben (string wheels) statt der Tretscheiben (kickers). Eingeübte Arbeiter gewinnen eine ungemeine Fertigkeit auf denselben und vermögen ihre Leistung durch Ersparung der Kraft zum Bewegen der Scheibe wenigstens zu verdoppeln, namentlich wenn sie ein und denselben Gegenstand in Accord liefern. Es giebt Arbeiter, die in einer Stunde 160 Stück Krüge zu Sodawasser fertig bringen, also zu einem Stück nicht volle 3 Minuten brauchen. Für grosse Arbeitsstücken — und es kom- Formen.

men solche vor bis zu 1400 Liter Inhalt — ist die Tretscheibe schwerer durch die Maschinenscheibe ersetzbar. Stücke der Art auf einmal aufgedreht, würden sich nicht tragen, insofern ihr Gewicht zu gross ist für die Weichheit der Masse; sie werden daher absatzweise aufgedreht in der Art, dass man den vorhergedrehten Theil jedesmal bis auf einen gewissen Grad abtrocknen, also einen gewissen Grad von Steifigkeit gewinnen lässt, ehe man den nächstfolgenden aufsetzt und so fortfährt. Bei ganz grossen Stücken kommen oft bis zu sechs Absätzen vor. Wie sich von selbst versteht muss grosse Vorsicht angewendet werden zur dichten Verbindung der Theile, damit keine im Feuer aufgehenden Fugen entstehen.

Viele Waaren werden im halbtrocknen Zustande, leberhart, mit schneidendem Geschirr auf dem Holzfutter einer Drehbank ähnlich der der gewöhnlichen Drechsler (turning lothe) abgedreht, um ihnen eine möglichst saubere Oberfläche zu geben.

Glasuren. Die chemischen Geräthe für Fabriken, Abtritt- und Wasserleitungsröhren u. s. w., kurz die meisten und wichtigsten Artikel erhalten Salzglasur, weil sie den besten Widerstand gegen chemische Einflüsse bietet und bei grossen Arbeitsstücken allein ohne Schwierigkeit anzubringen ist. Kleinere Artikel für anderweitigen Gebrauch erhalten eine Glasur durch Eintauchen, aus Cornish stone, Bleiglas und ähnlichen Zuthaten; sie giebt den Waaren durch bessern Fluss und grössere Glätte ein schöneres Ansehen, ist aber weniger haltbar.

Mit dem Auftragen der Glasur letzterer Art verbindet man öfter gewisse Verzierungen. So giebt man manchen Waaren (double glaze) auswendig eine andere oder anders gefärbte Glasur als inwendig. Einen ähnlichen Contrast erzielt man durch theilweises Glasiren, so dass die Oberfläche an gewissen Stellen den nackten Scherben, an anderen den glasirten zeigt, jeden mit seinem eigenthümlichen Ansehen und Glanz. Denn die Farbe des Scherbens erscheint unter Glasur immer dunkler und frischer, als ohne Glasur. Auch durch andere Hülfsmittel statt der Glasur bringt man derartige Wirkung hervor, z. B. durch theilweises Eintauchen in geschlämmten zu Schlicker angemachten Ocker; das hierdurch entstehende Braun sticht dann in ansprechender Weise gegen den hellern mehr gelben Scherben ab.

Brennen. Die fertigen und getrockneten Waaren erfahren eine verschiedene Behandlung beim Brande. Alles, was Salzglasur erhält, wird nackt oder doch nur mit Thonplatten eingesetzt, die grossen Stücke oben auf. Die Röhren am besten stehend, indem sie dann gleichmässigeres Feuer empfangen und weniger zum Verziehen neigen. Die mit Glasur durch Eintauchen versehenen Waaren kommen, wie das Porzellan, in Kapseln.

Oefen. Die Oefen sind niemals liegende, sondern stets runde stehende, für Steinkohlenfeuer mit einer grössern Anzahl Schüren am Umfang. Im Princip den Porzellanöfen gleichend, kommen sie in den Einzelnheiten der Einrichtung mit den beim Fayence zu beschreibenden Oefen überein.

Man unterscheidet dreierlei Oefen: die zum Brennen der Waare in Kapseln (saggar kiln) für die glasirt einzusetzende Waare; die zum Einsetzen mit Thonplatten (slab kiln) für die Waare zu Salzglasur; endlich die neueren verbesserten Oefen für gleichen Zweck, mit besserer Ausbeutung des Raumes und mit Rauchverzehrung. Oefen.

Wie bei den Fayenceöfen, so gestattet man auch bei den beiden ersteren Steinzeugöfen der von den Schüren in den Ofen eintretenden Flamme keinen unmittelbaren Anprall gegen die nächststehenden Theile des Einsatzes. Die Flamme wird vielmehr an jeder Schüre durch eine Art kurzer an der Innenseite der Ofenwand anschliessender Kamine, die „*Feuerwächter*", aufgenommen, und darin senkrecht in die Höhe geführt, so dass sie erst in einer hohen Region austritt und sich von da über den Einsatz verbreitet. Meist sind ausserdem zur bessern Vertheilung der Hitze Kanäle unter der Sohle, die einen Theil der Flamme nach der Mitte des Ofens leiten, wo sie münden.

Bei den verbesserten Oefen sind die einzelnen Feuerwächter zu einer in einem gewisssen Abstande von der Wand des Ofens rund um laufenden ringförmigen Schutzmauer verschmolzen, so dass ein ringförmiger Zwischenraum bleibt, durch welchen das Feuer in den Ofen gelangt. In regelmässigen Abständen in der Ofensohle nach der Mitte hin angebrachte Löcher stehen mit Kanälen unter derselben in Verbindung. In dem Ofen selbst sind diese Füchse mit Feuerwächtern überbaut. Wie der ringförmige Raum das Feuer nach dem Umfang, so bringen diese das Feuer nach der Mitte des über 4 Meter weiten Ofens. Die Rauchverzehrung wird durch Luftzutritt zu der auf beiderlei Wegen in den Ofen eingetretenen Flamme bewirkt.

Der Brand dauert in den einfacheren älteren Oefen etwa 30 Stunden, in den verbesserten rauchverzehrenden weit länger, bis 80 Stunden. Man rechnet durchschnittlich 9 Proc. Bruch. Farbe des Steinzeugs.

Das salzglasurte Steinzeug verschiedenen Ursprungs ist im Scherben wenig verschieden, heller oder dunkler grau, bald feiner, bald gröber und körniger in der Masse; die Glasur bildet nur einen dünnen Anflug von kaum messbarer Stärke. Oberflächlich dagegen erscheint es zum Theil von der Farbe des Scherbens, grau wie die Koblenzer Waare, zum Theil anders gefärbt und braun, wie die Mehrzahl der englischen Waaren. Die braune Farbe hat ihren Sitz nur in der äussersten Oberfläche und geht nicht oder kaum tiefer als die Glasur. Die Bedingungen, von denen die Farbe der Waare abhängt, verdienen nähere Untersuchung. Feuerfeste Steine aus Pfeifenthon nehmen ebenfalls äusserlich eine braune, innerlich eine graue Farbe an; an der Berührungsfläche zweier aufeinander stehender Steine erhält sich die graue Farbe des Innern. Die braune Farbe rührt demnach von einer Reaction des Feuers her; höchst wahrscheinlich entsteht sie erst beim Ausbrennen, wenn die Luft auf die von der Flamme nicht mehr geschützte hochglühende Waare einwirkt. Es scheint übrigens, dass noch andere Ursachen bei der Entstehung der

braunen Farbe vorliegen, namentlich die häufige Gewohnheit der Brenner, nach dem Einwerfen des Salzes noch fortzubrennen und sogar Birkenrinde einzuwerfen. Glasartige Flüsse und Glasuren färben sich durch Kohle und russige Flamme gelbbraun bis braun. — Endlich wird der Natur des Thons ein Einfluss zugeschrieben: strengere Massen kieselerdereichen Thons entsprechen dem Grauen, weniger strenge dem Braunen. Steinkrüge als Flaschen sind daher immer braun, Bierkrüge etc. immer grau. — Die braune Farbe ist in der Regel in der Richtung des Flammentriebs im Ofen ungleich, zuweilen noch grau auf einer Seite, an der entgegengesetzten Seite dunkel von der Farbe der Brodrinde und von da in helleren Ton verwaschen.

Die nicht mit Salz glasirten Steinzeugwaaren entfernen sich, auch abgesehen von der Glasur, in ihrem sonstigen Verhalten oft ziemlich stark von den Koblenzer und Englischen und bilden dann schon Uebergänge zu anderen Gattungen, zum Fayence und zur gemeinen Töpferwaare. Der bekannteste Fall der Art sind die in Norddeutschland sehr verbreiteten Bunzlauer Geschirre, die sich namentlich durch ihre Beständigkeit gegen Temperaturwechsel unterscheiden und als Kochgeschirr, Kaffeezeuge etc. dienen. Die Masse besteht aus einem sehr sandigen, ziemlich feuerfesten Thon von Tillendorf bei Bunzlau, erscheint grob und körnig, aber fest und hart und lässt sich in dünnen Scherben ausarbeiten. Man pflegt die in liegenden Oefen gebrannte Waare in der Regel mit zweierlei Glasur zu versehen. Für die Aussenfläche dient ein blutrother ockriger Thon (von Neuland), für geringere Waare roh, für bessere geschlämmt. Die innere Fläche glasurt man mit einer Glasur aus Bleiglätte und einem hellen gelben Thon, dem man auch wohl Feldspath und Bleiglätte zusetzt. Die Aussenfläche nimmt bei dieser Behandlung einen glatt geflossenen angenehm braunen Ueberzug an, die innere Fläche erscheint unrein weiss. Zuweilen erhält auch der äussere braune Ueberzug noch Bleiglasur, so wie die innere Fläche manchmal mit blosser Glätte glasurt wird und dann heller, reiner weiss erscheint. — Der Scherben der Bunzlauer Geschirre ist nicht so dicht und geflossen wie bei den übrigen Gattungen, sondern mehr lose, der Bruch mehr erdig und ohne Schweiss. Mit dieser Beschaffenheit des Scherbens steht die Beständigkeit gegen Temperaturwechsel in innigem Zusammenhang.

Bunzlauer Geschirr.

Die meisten Arten Steinzeug stehen unverändert im Porzellanbrand, andere erweichen.

Chemischer Bestand.

Der chemische Bestand der gebrannten Steinzeugwaare kann natürlich nicht wesentlich von dem des gebrannten plastischen Thons abweichen und lehren die Analysen insofern nicht eben viel. Salvetat fand in Proben verschiedener Gattungen nachstehendes:

Chemischer Bestand.

	Unglasirt				
	Frankreich: Saveignies	China	Japan	Amerika: Baltimore	England: Wedgwood
Kieselerde	65,80	62,00	62,04	67,40	66,49
Thonerde	27,64	22,00	20,30	29,00	26,00
Eisenoxyd	4,25	14,00	15,58	2,00	6,12
Kalk	1,12	0,50	1,08	0,60	1,04
Bittererde	0,64	Spur	Spur	—	0,15
Alkalien	0,24	1,00	Spur	0,60	0,20
	99,69	99,50	99,00	99,60	100,00
Masse:	hellbraun	tief rothbraun, fein		weisslich, fein	gelblich, fein

	Mit Salz glasirt		
	England: Vauxhall	Dänemark: Helsingborg	Frankreich: Voisinlieu
Kieselerde	74,00	74,60	74,30
Thonerde	22,04	19,00	19,50
Eisenoxyd	2,00	4,25	3,90
Kalk	0,60	0,62	0,50
Bittererde	—	Spur	0,80
Alkalien	1,06	1,30	0,50
	99,70	99,77	99,50
Masse:	fein, weiss	grob	weisslich

Chemischer Bestand.

	Glasur durch Eintauchen	
	Frankreich:	
	Frechen	St. Amand
Kieselerde	64,01	75,00
Thonerde	24,50	22,10
Eisenoxyd	8,50	1,00
Kalk	0,56	0,25
Bittererde	0,92	Spur
Alkalien	1,42	0,84
	99,91	99,19
Masse:	dunkelbraun	gewöhnlich

Bei den beiden letzten Gattungen ist nicht angegeben, ob sie mit oder ohne Glasur analysirt sind. — Von den 10 Gattungen standen 7 im Porzellanfeuer vollkommen, die von China und Japan erweichten stark, die von Frechen mässig.

BIBLIOTHECA REGIA MONACENSIS

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

Anleitung
zur
quantitativen chemischen Analyse
oder
die Lehre von der Gewichtsbestimmung und Scheidung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen.
Für Anfänger und Geübtere bearbeitet
von
Dr. C. Remigius Fresenius,
Geh. Hofrathe, Director des chemischen Laboratoriums zu Wiesbaden und Professor der Chemie, Physik und Technologie am landwirthschaftlichen Institute daselbst.
Sechste stark vermehrte und verbesserte Auflage.
Mit in den Text eingedruckten Holzstichen.
gr. 8. Fein Velinpapier. geh.
Erschienen ist: Erste bis dritte Lieferung. Preis à Lieferung 1 Thlr.

Anleitung
zur
qualitativen chemischen Analyse
oder
die Lehre von den Operationen, von den Reagentien und von dem Verhalten der bekannteren Körper zu Reagentien, sowie systematisches Verfahren zur Auffindung der in der Pharmacie, den Künsten, Gewerben und der Landwirthschaft häufiger vorkommenden Körper in einfachen und zusammengesetzten Verbindungen.
Für Anfänger und Geübtere bearbeitet
von
Dr. C. Remigius Fresenius,
Geh. Hofrathe, Director des chemischen Laboratoriums zu Wiesbaden und Professor der Chemie, Physik und Technologie am landwirthschaftlichen Institute daselbst.
Mit einem Vorworte von Justus von Liebig.
Mit in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel.
Dreizehnte neu bearbeitete und verbesserte Auflage.
gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 2 Thlr. 20 Sgr.

Lehrbuch der anorganischen Chemie
nach den
neuesten Ansichten der Wissenschaft
von
Dr. Ph. Th. Büchner,
ordentlicher Professor der Chemie und Vorstand des chemischen Laboratoriums an der grossh. polytechnischen Schule zu Darmstadt.
Mit 108 in den Text eingedruckten Holzstichen und einer farbigen Spectraltafel.
gr. 8. Fein Velinpapier. geh. Preis 5 Thlr. 20 Sgr.

Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn in Braunschweig.

Weisbach's Ingenieur.

Sammlung von Tafeln, Formeln und Regeln der Arithmetik, der theoretischen und praktischen Geometrie sowie der Mechanik und des Ingenieurwesens.

Sechste, völlig umgearbeitete Auflage,

unter Mitwirkung

von

F. Reuleaux,

Professor,
Director der Königl. Gewerbe-Akademie in Berlin,

herausgegeben von

G. Querfurth,

Ingenieur und Professor am Polytechnicum zu Braunschweig.

Mit zahlreichen in den Text eingedruckten Holzstichen. 8. geh.
Erste Abtheilung. Preis 16 Sgr.

Amtlicher Bericht
über die

Wiener Weltausstellung im Jahre 1873.

Erstattet von der Centralcommission des deutschen Reiches für die Wiener Weltausstellung.

gr. 8. Fein Velinpap. geh.

Erschienen sind:

1. I. Gruppe: Bergbau und Hüttenwesen. Von Dr. Serlo, Berghauptmann in Breslau, und Dr. C. Stölzel, Professor am Polytechnicum in München. Preis 20 Sgr.
2. XXV. Gruppe: Die bildenden Künste der Gegenwart. Von Dr. Anton Springer, Professor in Leipzig. Preis 10 Sgr.
3. IV. Gruppe: Nahrungs- und Genussmittel als Erzeugnisse der Industrie. Von Dr. Carl Eugen Thiel, Professor in Darmstadt. Preis 1 Thlr. 6 Sgr.
4. VI. Gruppe: Leder- und Kautschuk-Industrie. Von Carl Franz Deninger, Commerzienrath, in Mainz. Preis 10 Sgr.
5. V. Gruppe: Textil- und Bekleidungs-Industrie. Von Dr. Max Weigert in Berlin. Preis 1 Thlr. 10 Sgr.

Der Bericht, dessen Umfang auf drei Bände von je circa 40 Bogen berechnet ist, erscheint in zwanglosen Heften, von denen ein jedes für sich verkäuflich ist.
Der Preis ist so festgestellt, dass der Bogen mit 3 Sgr. berechnet wird.

Pettenkofer's Vorlesungen.

Erstes Heft. Preis 24 Sgr. — Zweites Heft. Preis 12 Sgr.

Inhalt des ersten Heftes:

Beziehungen der Luft zu Kleidung, Wohnung und Boden.

Inhalt des zweiten Heftes:

Ueber den Werth der Gesundheit für eine Stadt.
Ueber Nahrung und Fleischextract.

Bogl.

Bayerische StaatsBibliothek
Münchener DigitalisierungsZentrum Digitale Bibliothek

Knapp, Friedrich Ludwig,

Lehrbuch der chemischen Technologie zum Unterricht und Selbststudium ; in 3 Bänden

Bd.: 2,1

Braunschweig 1874

Techn. 120 lb-2,1
urn:nbn:de:bvb:12-bsb11190580-9